A Monsieur le Professeur [illegible]
hommage respectueux
H. Guilleminot

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

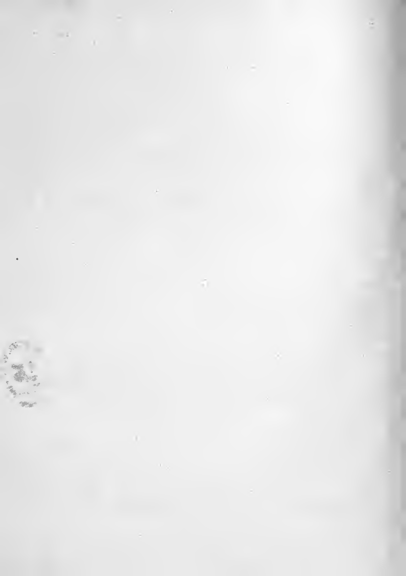
DU

Docteur H. GUILLEMINOT



PARIS
MASSON & CIE, ÉDITEURS
Libraires de l'Académie de Médecine
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

1920



TITRES. CURRICULUM VITÆ

I

TITRES SCIENTIFIQUES

Licencié en Droit.
Docteur en Médecine.
Ancien interne de l'hôpital de Versailles.
 Reçu 1er au concours de 1892-93.
Ancien externe des hôpitaux de Paris.
 (Médaille de bronze).
Tri-lauréat de l'Académie des Sciences.
 (Prix de médecine et chirurgie 1900-1901).
 (Mention d°, 1905-1906).
 (Prix Barbier, 1911).
 (Prix Hébert, 1917).
Bi-lauréat de l'Académie de médecine.
 (Prix Apostoli, 1905-1906).
 (Prix Buignet, 1908-1909).
Chargé du laboratoire de radiologie du professeur Bouchard à l'hôpital de la Charité, 1898-1902.
Admissible au concours d'agrégation de physique médicale (Faculté de Paris) 1907 (Admissibilité définitive).
Attaché au laboratoire des travaux pratiques de physique biologique de la Faculté de Paris, 1908.
Chef des travaux pratiques de physique biologique à cette Faculté, 1911.
Attaché au laboratoire des agents physiques de la clinique médicale de l'Hôtel-Dieu (Electro-Radiologie) 1910.
Electroradiologiste des hôpitaux, 1914. Chef du laboratoire d'électroradiologie de la clinique médicale et du laboratoire central de radiologie de l'Hôtel-Dieu, 1919.

II

TITRES HONORIFIQUES

Membre de la Société de biologie. — Novembre 1919.
Ancien vice-président 1908 et président 1911 de la Société de radiologie médicale de France.
Officier d'Académie. Janvier 1905.
Officier d'Instruction publique. Janvier 1910.
Mentions dans les expositions aux sections du livre.
Grand prix collectif à l'Exposition de Milan 1906 (Collection des auteurs).
Mention honorable exposition de Milan, 1911.
Mention honorable exposition de Gand. Groupe III, cl. 12 et 14, Livres, 1913.

III

EMPLOIS PÉDAGOGIQUES

1907-1911. Conférences de travaux pratiques de physique à la Faculté de médecine de Paris comme attaché de laboratoire.

1911-1914. Direction des travaux pratiques et conférences comme chef des travaux, de 1911 jusqu'à la guerre.

1918. Chargé du cours théorique de physique biologique (42 leçons) à la Faculté de médecine par décision ministérielle du 8 février 1918.

1918 ssq. A partir de mars 1918 reprise de la direction des travaux pratiques et des conférences annuelles comme chef des travaux.

1910 à 1914 et 1918 ssq. Leçons d'électroradiologie à la clinique médicale de la Faculté, Hôtel-Dieu.

Et leçons diverses pour les cours de perfectionnement (ophtalmologie, maladies du foie, de la rate, etc... cours de vacances, etc.). Collaboration à l'enseignement de l'électroradiologie fait par la Société des chefs de laboratoires centraux des hôpitaux de Paris, etc...

IV

CURRICULUM VITÆ PENDANT LA GUERRE 1914-1919

Situation antérieure. Cl. 1888. Sous-officier d'artillerie de réserve 1890. Médecin auxiliaire 1893. Médecin aide-major 2e cl. 1897. Rayé des cadres (raisons de santé) 1908.

Engagé volontaire pour la durée de la guerre.

Août-octobre 1914. (En instance d'affectation). Service de Radiologie aux hôpitaux militaires de Châtillon-sur-Seine et service civil d'une douzaine de communes (Côte-d'Or).

Novembre 1914. Nommé comme M. a. M... 2e cl., chef du service central de physiothérapie et de radiologie militaire de la 8e région. Bourges.

Décembre 1914. Médecin aide-major de 1re cl.

Septembre 1916. Chef du service central de kinésithérapie de la 8e région.

Novembre 1917. Chef des postes militaires de radiologie de l'Hôtel-Dieu de Paris et du service radiologique du Centre des Cancéreux militaires.

Fin 1918. Médecin major de 2e cl.

Membre de la commission d'appareillage des mutilés du Centre de Bourges 1915.

Membre de la commission de réception des appareils d'électroradiologie (Fort de Vanves) 1917-1918.

Membre de la commission de radiologie (Val-de-Grâce) 1918, etc.

Démobilisé, 14 juillet 1919.

TRAVAUX

PREMIÈRE PARTIE

Exposé chronologique

SOMMAIRE

I. — Travaux originaux.
II. — Articles de vulgarisation, analyses, rapports, etc.
III. — Cours, conférences.
IV. — Liste des principaux appareils imaginés pour les applications de la physique à la biologie. Expositions.

I. — Exposé chronologique des travaux originaux

1895 — Anomalie des artères rénales. *Journal de l'anatomie et de la physiologie normales et pathologiques*, juillet-août 1895.

1896 — De l'albuminurie dans les maladies chroniques et de ses rapports avec la pression artérielle. *Thèse de Paris*, 1896 (Steinheil, édit.).

1898 — Appareil permettant de prendre des radiographies de la cage thoracique, soit en inspiration, soit en expiration. Résultats obtenus. *C. R. de l'Acad. des Sc.* Séance du 8 août 1898.

1899 — De l'angle d'inclinaison des côtes étudié à l'aide de la radioscopie et de la radiographie à l'état sain et à l'état morbide, en particulier dans la pleurésie sans épanchement (MM. Bouchard et Guilleminot). *C. R. de l'Acad. des Sc.* Séance du 12 juin 1899.

Des incidences en radiologie. *Arch. d'Élect. médic.*, 15 mai 1899 et 15 août 1899.

Communication sur la définition des incidences dans la radiographie clinique. Définition de la situation du tube de Crookes par rapport au sujet et à la plaque sensible. *Congrès de Boulogne, A. F. A. S.*, 20 septembre 1899.

Appareil permettant d'étudier le cœur aux différentes phases de sa révolution. *C. R. de l'Acad. des Sc.* Séance du 21 août 1899 et *Arch. d'Élect. méd.*, décembre 1899.

1900 — *Radioscopie et radiographie cliniques de précision.* 1 vol. in-8°, 1900. Ouvrage couronné par l'Académie des Sciences (Prix de médecine et chirurgie, 1900).

Précision de l'incidence en radiologie, méthode complète simplifiée par l'emploi du radiogoniomètre. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 avril 1900.

Procédé commode pour connaître instantanément l'incidence au cours des examens radioscopiques. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 juillet 1900.

De l'importance de la recherche du rayon normal en radioscopie. Présentation d'instruments. *A. F. A. S. Congrès de Paris, 1900.*

Incidence en radiologie. *Congrès d'Électrologie et de Radiologie médicales*, Paris 1900.

Dispositif permettant d'obtenir le graphique des projections normales d'organes en radioscopie clinique. *Arch. d'Élect. méd.*, novembre 1900.

1901 — Spirales de haute fréquence et de haute tension. Effets interpolaires et différentes modalités de l'effluve. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 mai 1901.

1902 — Note sur un dispositif permettant commodément de faire la radiographie du sujet couché, ampoule en dessus, avec examen radioscopique préalable. *Arch. d'Élect. méd.*, janvier 1902.

Indicateur d'incidence s'adaptant à un lit radiographique quelconque. *Arch. d'Élect. méd.*, février 1902.

De l'emploi de l'interrupteur redresseur Villard pour la production des rayons X et des courants de haute fréquence en médecine. *Arch. d'Élect. méd.*, avril 1902.

Sciagrammes orthogonaux du thorax. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 24 juin 1902.

Mode opératoire pour obtenir les projections orthogonales radioscopiques. *Congrès de Berne 1902 et Arch. d'Élect. méd.*, novembre 1902.

Self de réglage pour les résonateurs de haute fréquence. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 4 août 1902 et *Congrès de Berne*, 1902.

Ueber einige Vorrichtungen zur Durchleuchtung des Körpers und zur Grössenbestimmung der Organe. *Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen.* Band. V. 1902.

Mensuration des diamètres et de l'aire du cœur sur l'écran radioscopique sans graphique. Dispositif nouveau s'adaptant à un écran quelconque. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 décembre 1902.

1903 — De la puissance maxima des courants employés en médecine et des moyens de l'obtenir. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 janvier 1903.

Le cautère sur les secteurs de ville à courant continu. Dispositif économique. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 avril 1903.

Construction simple d'un réducteur de potentiel à liquide pour la galvanisation. *Arch. d'Élect. méd.*, 15 avril 1903.

Production de l'ozone par les spirales à haute tension et à haute fréquence. *C. R. de l'Acad. des Sc.* Séance du 29 juin 1903.

Technique de la radioscopie et de la radiographie médicales ordinaires. Article du *Traité de radiologie médicale* (publié sous la direction du professeur Bouchard), secrétaire de la rédaction de ce traité, 1903. Steinheil, édit.

Nouvelles fiches orthogonales présentées par M. Radiguet au *Congrès de l'A. F. A. S.* à Angers, 3 août 1903.

1904 — Un cas de radiodermite simultanée chez l'opérateur et l'opérée. Communication au *Congrès de l'A. F. A. S.*, Grenoble, août 1904.

Sur un cancer ulcéré du sein traité par les rayons X et quelques observations relatives au traitement des carcinômes et

épithéliomes par les rayons X. *Congrès de l'A. F. A. S.*, août 1904.

1905 — *Électricité médicale.* 1 vol. de 600 pages en 3 parties.

1re Partie. — *Partie physique* : étude des différentes formes de l'énergie électrique, des radiations et des agents connexes au point de vue physique, 188 pages.

2me Partie. — *Partie physiologique*, 130 pages.

3me Partie. — *Partie clinique et thérapeutique*, 292 pages. Chez Steinheil, édit. 1905 (*Traduit en anglais*). Couronné par l'Académie de Médecine.

L'aire cardiaque chez les tuberculeux guéris. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 20 mars 1905 et thèse de M. A. Chiron, 1905.

Les rayons N ne paraissent pas influencer la résistivité du sélénium ni modifier l'influence de la lumière sur cette résistivité. *Arch. d'Élect. méd.*, 10 avril 1905.

Étude des côtes par l'orthodiascopie. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 17 juillet 1905.

Étude du diaphragme par l'orthodiascopie. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 24 juillet 1905.

Quelques points de la technique de la radiothérapie des tumeurs cancéreuses. *Communication au Congrès de Röntgen*, Berlin, avril-mai 1905 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 mai 1905 et 25 juin.

L'orthodiagraphie et le diagnostic de la tuberculose, aire du cœur. *Revue de la Tuberculose*, juin 1905.

Nouveau cadre pour radioscopie. Guilleminot et Radiguet. *Congrès de l'A. F. A. S.* à Cherbourg, août 1905.

Nouveaux résultats de l'orthodiagraphie. *Congrès de l'A. F. A. S.*, à Cherbourg août 1905 et *Arch. Élect. méd.*, 10 décembre 1905.

Application de la radioscopie de précision au diagnostic de la tuberculose. *Congrès de la tuberculose*, Paris, octobre 1905.

1906 — *Guide pour l'emploi de l'électricité en médecine*, 1 vol. in-8°, 64 pages, 1906.

The exploration of the thorax by orthodiagraphie. *Arch. of the Rontgen Ray.*, nov.-déc. 1905 and janv. 1906.

Dispositif permettant d'apprécier la résistance du corps sans instrumentation spéciale. *Arch. d'Élect. méd.*, 10 avril 1906.

Tableau d'électrothérapie mobile en forme de pupitre de musicien. *Arch. d'Élect. méd.*, 25 juin 1906.

De l'examen orthodiascopique des côtes et du diaphragme en particulier pour le diagnostic précoce de la tuberculose pulmonaire. *Revue de la Tuberculose*, août 1906.

Résultats de l'auto-conduction par les spirales dans l'hypertension artérielle. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Lyon 1906 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 septembre 1906.

Nouveau dispositif de condensateur et d'éclateur pour la haute fréquence. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Lyon, 1906 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 octobre 1906

Traitement des rétrécissements de l'urètre par un procédé mixte mécanique et électrolytique. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Lyon 1906 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 mars 1907.

Production en médecine des effets statiques par les résonateurs à haute fréquence. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 3 décembre 1906.

1907 — Effets moteurs des courants de haute fréquence à phases triées. Révélateur téléphonique. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 10 décembre 1906, *Annales d'électrobiologie*, 1907 et *Arch. d'Élect. méd.*, 25 février 1907.

Description d'un rythmeur métallique et d'une pince porte-ampoule. *Arch. d'Élect. méd.*, 10 février 1907.

Électricité médicale, 1 vol. in-8°, 1907, 650 pages, 2e édition.

Mesure de la quantité de rayonnement. Préliminaire à l'étude de l'action des radiations sur la germination des plantes. *Congrès de l'A. F. A. S.* Reims 1907 et *Arch. Élect. méd.*, 10 août 1907.

Action du radium sur la graine et sur le développement des plantes. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Reims, 1907 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 août 1907.

Triage des phases des courants de haute fréquence. Production des effets électrostatiques. Interprétation. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Reims, 1907 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 août 1907.

Nouveau quantitomètre pour rayons X. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 28 octobre 1907. Description plus complète de l'appareil in *Arch. d'Élect. méd.*, 25 février 1908.

Effets comparés des rayons X et des rayons du radium sur la cellule végétale. Valeur de l'unité M en physiologie végétale. *C. R. de l'Acad. des Sc.*, 11 novembre 1907 et *Arch. d'Élect. méd.*, 10 décembre 1907.

Nouveau modèle de pupitre électrothérapique pour les différents usages médicaux. *Arch. d'Élect. méd.*, 25 décembre 1907.

1908 — Wirkung der Röntgen und der Radiumstrahlen auf die Planzenzeller. *Zeitsch. für neuere physik. Mediz.*, janvier 1908.

Effets des rayons X et des rayons du radium sur la cellule végétale. *Journal de Physiol. et de Pathol. générale*, janvier 1908.

Sur le dosage des rayons X en physiologie expérimentale. *Soc. Biol.*, 1er janvier 1908, t. LXIV, p. 186.

Sur le dosage des rayons X en physiologie expérimentale. 2e note. Le pouvoir chimique des rayons X peut être mesuré à l'aide de l'unité M tirée de leur pouvoir fluoroscopique. *Soc. Biol.*, 8 février 1908, t. LXIV, p. 213.

Mesure en unités M de la quantité de rayons X réellement absorbée par les tissus. *Soc. Biol.*, 7 mars 1908, t. LXIV, p. 389.

Quantités de rayons X absorbées et quantités transmises par les couches successives des tissus. *C. R. Acad. des Sc.*, 16 mars 1908.

Valeur de l'unité M en radiologie et en biologie expérimentale. *Soc. Élect. et Radiol.*, mars 1908.

Mesure de l'absorption des rayons X par les différents tissus à l'aide de l'M-Quantitomètre. *Soc. Élect. et Radiol.*, avril 1908.

Présentation de quelques appareils d'électro et radiothérapie, Ohmmètre à lecture directe, etc. *Soc. d'Élect. et Radiol.*, avril 1908.

Grundsatze rationeller Quantitometrie in der Rœntgenstrahlen thérapie. *Zeitsch. für neuere phys. Mediz.*, mai 1908.

Intensitometer measurement of the quantity of the X Ray. *Arch. of the Rœntgen Ray*, june 1908.

Action comparée des doses massives et des doses fractionnées de rayons X sur la cellule végétale à l'état de vie latente. *Soc. Biol.*, 30 mai 1908.

Absorption des rayons X et des rayons du Radium par les tissus. Actions biochimiques correspondantes. *Arch. d'Élect. méd.*, 10 juin 1908.

Relation entre les effets biochimiques des radiations et la quantité absorbée (dosage fluoroscopique). *C. R. Acad. des Sc.*, 22 juin 1908.

Principe de quantitométrie rationnelle. *Congrès A. F. A. S.*, Clermont, août 1908.

Comparaison des effets des rayons X et des rayons du Radium sur la cellule végétale. *Congrès A. F. A. S.*, Clermont, août 1908.

Le dosage des rayons X en expérimentation biologique et en médecine. *Revue générale des Sciences* (Olivier), 30 août 1908.

Emploi du pouvoir fluoroscopique des rayons X sur les platinocyanures comme facteur de dosage. *Rapport au Congrès internat. d'Élect. et Radiol. méd.*, Amsterdam, septembre 1908.

Présentation de quelques appareils : Cadre porte ampoule modifié; Pupitre électrothérapique avec ohmmètre à lecture directe; Onduleur rythmeur pour toutes formes de courants (*Exposition annexée au Congrès de Marseille 1908*).

Filtrage des rayons X par l'aluminium. *C. R. Acad. des Sc.*, 21 décembre 1908.

1909 — Absorption des rayons X par les tissus. Actions biochimiques correspondantes. 2ᵉ partie. *Arch. d'Élect. méd.* 10 janvier 1909.

Effets des filtres d'aluminium sur les rayons X. *Soc. Radiol. méd.*, Paris, 12 janvier 1909.

Rayons X de haute pénétration obtenus par filtrage. Leur avantage en radiothérapie pour le traitement des tumeurs profondes. *C. R. Acad. des Sc.*, 18 janvier 1909.

Les filtres en radiothérapie. *Annales d'Électrobiologie et Radiol.*, février 1909.

Détermination expérimentale des doses efficaces de rayonnement X retenues par les tissus de l'organisme. *C. R. Ac. Sc*, 8 mars 1909.

Courbes de pénétration et courbes des taux d'absorption des rayons X à travers l'aluminium et à travers les tissus organiques. *Exposition des séances de Pâques de la Soc. de Physique*, avril 1909.

Choix du filtre à employer en radiothérapie pour le traitement des tumeurs profondes. *Soc. Radiol. méd.*, Paris, avril 1909.

Choix des filtres en radiothérapie (2e note). *Soc. Radiol. méd.*, Paris, mai 1909.

Spirales de haute fréquence de dimensions réduites dans un isolant pâteux. *Soc. d'Élect. et Radiol.*, mai 1909.

Choix des filtres en radiothérapie (3e note). *Soc. Radiol. méd.*, Paris, juin 1909.

Contribution à l'étude biochimique des rayons X. *Congrès A. F. A. S.*, 1909, Lille, et *Arch. d'Élect. méd.* 25 Septembre 1909.

Rayons X et radiations diverses. Actions sur l'organisme, 1 vol. in-8° de l'*Encyclopédie Scientifique*, Doin, édit., novembre 1909.

Analyse du rayonnement X obtenu avec l'appareillage demi-intensif (turbine à mercure). *Soc. Radiol.*, Paris, décembre 1909.

Mesure rapide du pouvoir filtrant des filtres. Nouveau filtre en verre au fluorure d'aluminium. *Soc. Radiol.* Paris, décembre 1909.

1910 — Sur le radiochroïsme des corps organiques vis à vis des rayons α, β, γ du radium et des rayons X. *C. R. Acad. des Sc.*, 7 février 1910.

Sur les actions biologiques du rayonnement du Radium. *Soc. Radiol. méd.* Paris, février 1910.

Simplification du dosage fluorométrique des rayons X. *Soc. Radiol. méd.* Paris, février 1910.

Persistance de l'action des rayons X et des rayons du Radium sur la cellule végétale à l'état de vie latente. *Soc. Biol.*, 19 février 1910.

Nouveau tube à rayons X pour la radiothérapie. *Soc. Radiol. méd.* Paris, mars 1910.

Manipulations de physique biologique. 1 vol. in-8 de 270 pages. Préface de M. G. Weiss. Steinheil, édit., 1910.

Action biologique comparée des radiations du Radium et des rayons X. *Congrès Physiothérapie* Paris, avril 1910.

Nouveau modèle d'analyseur fluorométrique pour l'étude des actions biologiques des rayons X et des rayons du Radium. *Soc. Radiol. méd.* Paris, mai 1910.

Posologie en radiographie médicale avec ou sans écran renforçateur. *C. R. Acad. des Sc.*, 13 juin 1910.

Nouveaux perfectionnements au cadre porte ampoule et orthodiagraphe. *Soc. Radiol. méd.* Paris, 14 juin 1910.

De la posologie en radiographie. *Soc. Radiol. méd.* Paris, 14 juin 1910.

Sur l'emploi des écrans renforçateurs. *Soc. Radiol. méd.* Paris, 14 juin 1910.

Action des radiations nouvelles sur les plantes. *Journal de Radiologie Belge.* 15 décembre 1910.

Radiométrie fluoroscopique. 1 vol. in-8. Steinheil, édit. 1910. Couronné par l'Académie des Sciences, 1911.

1911 — Traitement des fibromes utérins par la radiothérapie. *Paris Médical*, 4 février 1911.

Sur l'efficacité biologique des radiations nouvelles. *Arch. d'élect. méd.*, 25 février 1911.

Sur les rayons de Sagnac. *C. R. Acad. des Sc.*, 6 mars 1911.

Sur le rendement en rayons secondaires des rayons X de qualités différentes. *C. R. Acad. des Sc.*, 20 mars 1911.

Diffusion des rayons X dans l'organisme. Nature des rayons de Sagnac. *Soc. Radiol.*, avril 1911.

Intensité et qualité des rayons X diffusés par des lames d'aluminium d'épaisseurs variées (rayons secondaires) *C. R. Acad. des Sc.* 24 avril 1911.

Sur les lois de diffusion des rayons X dans les substances organiques et les métaux légers. *Soc. Radiol.*, 9 mai 1911.

Actions des courants de Haute Fréquence (autoconduction) sur

l'hypertension artérielle. *A. F. A. S. Congrès de Dijon, Arch. élect. méd.*, 25 août, et *Annales d'Electrobiol. et Radiol.*, août 1911.

Nouveau modèle d'orthodiagraphe pour radioscopie intensive et pour examens cliniques courants, *A. F. A. S.* Dijon, 1911.

Contribution à l'étude des rayons de Sagnac. *A. F. A. S.* Dijon, 2 août 1911.

Nouveau quantitomètre et intensitomètre à rayons X. *Soc. Radiol*, novembre 1911.

1912 — Étude sur deux tubes Cyclop et Rapid de la maison Muller. *Soc. Radiol.*, 9 juillet 1912.

Tube à rayons X fait spécialement pour la radiothérapie intensive. *Soc. Radiol.*, 10 décembre 1912.

Die Behandlung der Uterus Myome. *Fortschritte auf dem gebiete der Röntgenst.* Band XX. 1912-1913.

1913 — *Les nouveaux horizons de la science.* T. I. Steinheil, 1913.

Les nouveaux horizons de la science. T. II. Steinheil, 1913.

Sur la variation de résistance élect. du sélénium irradié par les rayons X et les rayons du radium. *C. R. Acad. des Sc.*, 14 avril 1913.

Sur la loi d'action biologique des rayons filtrés et non filtrés. *C. R. Ac. des Sc.*, 23 juin 1913.

Les données physiques nécessaires à l'interprétation des résultats dans la radiothérapie. *Soc. Radiol.*, 8 juillet 1913.

1914 — *Les nouveaux horizons de la science.* T. III. Steinheil, 1914.

Sur la variation de résistance du sélenium exposé aux rayons X et aux rayons du radium. *Ann. d'Électrobiologie et de Radiol.*, janvier 1914.

Sur le coefficient de diffusion des rayons X par les substances à poids atomique léger (Substances organiques en particulier). *C. R. Acad. des Sc.*, 6 juillet 1914.

Sur le voile en radiographie (Séance du 27 juillet 1914). *Congrès A. F. A. S.*, Le Havre, 1914, et *Journal de Radiol. et d'Élect.*

Sur l'emploi du sélénium dans la radiométrie des rayons X. *Congrès d'Élect. et Radiol.*, Lyon, 1914.

1915 — Sur la localisation rapide des projectiles de guerre par les

rayons X. *Soc. méd. chir. du Cher*, 15 avril 1915, et in *Journal Radiol.*, mai 1916.

Deux goniomètres articulaires utiles pour l'appréciation des résultats de la kinésithérapie dans les suites des blessures de guerre (En collaboration avec le Dr Jacques Petit). *Soc. méd. chir. du Cher.*

1916 — Les arthropathies (suite de blessures de guerre) et la radiologie. *Soc. méd. chir. du Cher*, 1916.

Les nouveaux horizons de la science. T. IV, 1916. Steinheil.

Localisation des projectiles en position horizontale pour opération sous écran. *Soc. méd. chir. du Cher*, 1916.

Résultats de 19 mois d'expérience sur la radiologie de guerre. *Journal de Radiol.*, juillet et août 1916.

Sur certains cas de raideurs articulaires et contractures et sur leur traitement. *Soc. méd. chir. du Cher*, 9 novembre 1916.

Sur la tolérance des projectiles dans l'organisme. Collaboration avec le Dr Dogny. *Journal de Radiol.*, novembre et décembre 1916.

1917 — Sphygmographe à contre-pression. *Soc. Biol.*, 3 février 1917.

La prothèse curative. *Conférence interalliée*, 8 mai 1917.

Le travail professionnel dans les Hôpitaux militaires de physiothérapie. *Conférence interalliée*, 8 mai 1917.

Sur le traitement des enraidissements articulaires de cause fibreuse centrale ou périphérique. *Acad. de Méd.*, 8 mai 1917.

Sur l'emploi de certains agents physiques dans le traitement des contractures musculaires et rétractions fibreuses au début. *Acad. de Méd.*, 8 mai 1917.

Sur la cure agricole employée comme moyen physiothérapique de traitement. *Bull. Acad. de Méd.*, juin 1917.

Dosimétrie en X radiothérapie dans les services de l'Armée. *C. R. Acad. des Sc.*, 8 octobre 1917.

Dosimétrie en X radiothérapie dans les services de l'Armée. Choix du rayonnement optimum. *C. R. Acad. des Sc.*, 12 novembre 1917.

Nouvel appareil fluorométrique pour le dosage des rayons X. *C. R. Acad. des Sc.*, 19 novembre 1917.

1918 — La dosimétrie radiothérapique. *Journal de Radiol.*, janvier 1918.

Radiothérapie et blessures de guerre. *Réunion Radiol. du G. M. P.*, février 1918.

Règle spéciale pour la mesure de l'efficacité des rayons X dans le traitement des affections profondes. *Réunion Radiol. du G. M. P.*, mars 1918.

Diagnostic radiologique et pronostic des arthropathies (suite de blessures de guerre). Rôle du radiologue dans l'élaboration des dossiers de réforme pour ankyloses. *Réunion du G. M. P*, mai 1918.

Sur le traitement radiothérapique du cancer chez les militaires. *Association Fr. pour l'étude du cancer*, 27 mai 1918.

Guilleminot, Cistrier, Baudoin. Sur la mécanothérapie passive dans les suites de blessures de guerre. *Paris Médical*, 10 août 1918.

Étude des tubes à rayons X au point de vue de leur réception par le S. S. M. *Réunion Radiol. G. M. P.*, 5 juillet 1918.

Stéréomètre à lecture directe. *Réunion Radiol. G. M. P.*, août 1918.

Dispositif simplifié pour les mesures de l'acuité, du rendement, etc., des tubes à rayons X. Réception par le S. S. M. *Réunion Radiol. G. M. P.*, août 1918.

Simplification du stéréomètre à lecture directe pour l'emploi des sels radio luminescents. *Réunion Radiol. G. M. P.*, 5 septembre 1918.

En collaboration avec Biquart. Fluoromètre à étalon luminescent. *Acad. des Sc.*, 16 septembre 1918.

1919 — Sur les actions biologiques lentes des rayons qui sillonnent en tous sens les laboratoires de radiologie. *Soc. Biol.*, 11 janvier 1919.

Notions physiques nécessaires à la médecine radiothérapique. Lois d'actions d'une radiation pure, *C. R. Acad. méd.*, 27 mai 1919.

Définition absolue de la qualité du rayonnement X. *Soc. Radiol.*, 10 juin 1919.

Sur un synchroniseur électrique permettant de fixer un radiogramme à une phase quelconque d'un tracé électrocardiographique ou sphygmographique. *Soc. Electrol.*, juillet 1919.

Médecine radiothérapique. Application des lois énoncées pour les faisceaux simples aux rayonnements employés en thérapeutique. *Bull. Acad. méd.*, 14 octobre 1919.

La Matière et la Vie. 1 vol. in-8, chez Flammarion, octobre 1919.

Radiothérapie et radiumthérapie. Article du formulaire du Prof. Gilbert, 1919.

II. Exposé chronologique des principaux travaux de vulgarisation. — Analyses, Rapports, etc.

Rapports aux Congrès

1903 — Rapport sur l'état actuel de l'orthodiagraphie. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Angers, août 1903.

1905 — Rapport sur l'emploi de l'orthodiagraphie dans le diagnostic des affections thoraciques. *1er Congrès intern. de Physiothérapie.* Liège, août 1905.

1908 — Rapport sur les quantitomètres en radiographie et radiothérapie. *Rapport au Congrès intern. de l'électr.*, Marseille, septembre 1908.

1910 — Rapport sur l'électrothérapie et la radiothérapie dans le traitement des fibromyomes de l'utérus (en collaboration avec Laquerrière). *Congrès de l'A. F. A. S.* Toulouse, 1910 et *3e Congrès de Physiotérapie*, avril 1911.

Rapports aux Commissions du Service de Santé militaire

1918 — Rapport à la commission de Réception du S. S. M. sur une méthode personnelle de vérification et d'appréciation des tubes à Rayons X et sur leur réception par le Service de Santé. Méthode adoptée (D.M. 23.978, 1/7, du 10 octobre 1918).

1918 — Rapport à la Commission de Radiologie militaire sur l'opacité des tissus protecteurs contre les Rayons X.

etc...

Articles de Vulgarisation et Analyses

1904 — Les travaux de M. Blondlot sur les Rayons N et premières recherches de M. Charpentier. État actuel de la question

des Rayons N. *Arch. Elect. méd.*, 25 janvier 1904, 25 mai 1904 et 10 juin 1904.

1913 — La découverte des corps radio-actifs et la Biologie. *Biologica*, 15 mars et 15 novembre 1913.

L'énergétique et la chimie. Le principe de la conservation de l'énergie. *Presse méd.*, 11 juin 1913. Le 2e principe de l'Energétique, *d°* 16 août 1913.

1914 — Sur la nature des rayons X (en collaboration avec Zimmern). *Journ. de Radiol. et d'Electrol. méd.*, janvier 1914.

1917 — Electro-radiologie de guerre. Articles du Larousse Illustré. Les applications de la radiologie. Electro-aimant. Electro-vibreur. Révélateur électrique pour la recherche et l'extraction des projectiles de guerre.

1914-1919 — Analyses pour le *Journal de Radiologie et d'Electrologie médicale* des travaux communiqués à l'Académie des Sciences, à la Société de Physique, à la Société de Biologie ou publiés par le journal *Le Radium*.

Analyses des conférences faites devant la Société de Physique par MM. Langevin, de Broglie, etc.

Sujets donnés pour des thèses de doctorat en médecine

Etudes des côtes et du diaphragme par l'orthodiascopie. Th. de Vannier, 1905.

Etude radiologique du cœur chez les tuberculeux. Th. de Chiron, 1905.

Radiothérapie des tumeurs profondes. Th. de Pujo, 1910.

Radiothérapie des adénites tuberculeuses. Th. de Mad. Jolles, 1920 (en préparation).

III. — Exposé chronologique des principaux travaux pédagogiques. Conférences, Leçons, Cours, etc...

1907 ssq. — Leçons pratiques de physique biologique (comme préparateur adjoint au Laboratoire des Travaux pratiques de Physique de la Faculté de Paris, 1908-1910 ; puis comme chef des travaux à partir de 1911).

1910 ssq. — Leçons d'électro-radiologie pratique à la clinique médicale de l'Hôtel-Dieu.

Leçons d'électro-radiologie dans divers cours de perfectionnement organisés par MM. les prof. Gilbert, de Lapersonne, etc.

1916-1917 — Organisation de conférences dans les centres de physiothérapie de la 8e région soit pour coordonner les services de spécialités, soit pour former du personnel subalterne spécialisé, soit pour préconiser le traitement précoce des raideurs articulaires ou l'examen radiologique systématique des blessés.

1918 — Cours de physique biologique à la Faculté de Médecine de Paris (en remplacement de l'agrégé, D. M. du 8 février 1918).

1919 — Contribution à l'enseignement de l'électroradiologie organisé par la direction de l'Assistance publique (en collaboration avec les chefs de laboratoires centraux de radiologie).

IV. — Exposé chronologique des présentations d'Appareils nouveaux

1898 — Dispositif permettant de dissocier les phases de la respiration. Radiguet, constructeur, 1898. *C. R. Acad. Sc.*, 8 avril 1898.

1899 — Dispositif permettant de dissocier les phases de la révolution cardiaque. *C. R. Acad. Sc.*, 12 juin 1899.

Lit radiographique et cadre à ampoule mobile pour les examens radioscopiques. Radiguet, constructeur, 1898. *Arch. Electr. méd.*, 15 mai 1899.

1900 — Indicateur de rayon normal. Radiguet, 1900. *Congrès de l'A. F. A. S.*, Paris. *Arch. Elect. méd.*, 1902.

Le radiogoniomètre, appareil pour définir les incidences en radiographie. Radiguet 1900.

Orthodiagraphe. Radiguet, 1900. *Arch. Elect. méd.*, novembre 1900. Modèles progressivement améliorés, 1900-1913. Radiguet et Massiot.

1901 — Spirales de haute fréquence et haute tension. Radiguet et Massiot, 1901.

1903 — Ozoneur à spirales de haute tension. *C. R. Acad. Sc.*, 24 juin 1903.

Dispositif économique pour installer le cautère sur les secteurs de ville à courant continu. *Arch. Elect. méd.*, 15 avril 1903.

1906 — Dispositif pour mesurer la résistance du corps au moyen de deux milliampèremètres. *Arch. Elect. méd.*, 10 avril 1906.

1907 — Tableau-pupitre d'électrothérapie avec une seule manette de commande et une seule paire de bornes d'emploi. *Arch. Elect. méd.*, 25 juin 1906 et *Exposition Soc. Phys.*, Pâques 1907.

Nouveau dispositif de condensateurs et d'éclateur pour la haute fréquence. *A. F. A. S.*, Lyon 1906 et *Exposition Soc. Phys.*, Pâques 1907.

Trieur de phases haute fréquence. *Acad. Sc.*, 3 et 10 décembre 1906 et *Exposition Soc. Phys.*, Pâques 1907.

Dispositif d'auto-conduction par les spirales. *Exposition Soc. Phys.*, 1907.

Nouveau quantitomètre à rayons X. *C. R. Acad. Sc.*, 28 octobre 1907.

Nouveau modèle de pupitre électrothérapique pour les différents usages médicaux. *Arch. d'Élect. méd.*, 25 décembre 1907.

1908 — Ohmmètre à lecture directe. *Soc. d'Élect. et Radiol.*, avril 1908.

Cadre porte-ampoule modifié.

Onduleur rythmeur pour toutes formes de courants. *Exposition annexée au Congrès de Marseille*, 1908.

1909 — Spirales de H. F. de dimensions réduites dans un isolant pâteux *Soc. d'Élect. et Radiol.*, mai 1909.

Nouveau filtre en verre au fluorure d'aluminium. *Soc. Radiol.*, décembre 1909.

1910 — Nouveau tube à Rayons X pour la radiothérapie. *Soc. Radiol.*, mars 1910.

Nouveau modèle d'analyseur fluorométrique pour l'étude des actions biologiques des rayons X et des rayons du radium *Soc. Radiol. méd.*, mai 1910.

Nouveaux perfectionnements au cadre porte-ampoule et orthodiagraphe. *Soc. Radiol. méd*, juin 1910.

1911 — Nouveau modèle d'orthodiagraphe pour radioscopie intensive et pour examens cliniques courants. *A. F. A. S.*, Dijon, 1911.

Nouveau quantitomètre et intensitomètre à rayons X. *Soc. Radiol.*, novembre 1911.

1912 — Tube à rayons X fait spécialement pour la radiothérapie intensive. *Soc. Radiol.*, décembre 1912.

1915 — Appareil pour localisation des projectiles dans l'organisme. *Journal de Radiol.*, mai 1915.

1916 — Appareils d'extension continue, appareils antagonistes pour traitement des enraidissements articulaires. *Soc. méd. chirur. du Cher*, novembre 1916, déposés au Musée du Val-de-Grâce.

1917 — Sphygmographe à contre-pression (Boulitte, constructeur. *Soc. Biol.*, 1917).

Appareil de Mécanothérapie passive pour le traitement des raideurs articulaires. *Acad. de Méd.*, juin 1917.

Fluoromètre à étalon lumineux. *C. R. Acad. des Sc.*, 19 novembre 1917.

Stéréomètre luminescent à lecture directe. *Réunion Radiol. du G. M. P.*, 5 septembre 1918.

Fluoromètre à étalon luminescent (en collab. avec Biquard et Chéron). *C. R. Acad. des Sc.*, 16 septembre 1918.

Synchroniseur électrique pour la cinématographie radiographique des mouvements du cœur basé sur l'emploi d'un sphygmo-levier. *Soc. Électr.*, 1919.

DEUXIÈME PARTIE

Exposé analytique des Travaux personnels

SOMMAIRE

CHAPITRE PREMIER

ANALYSE RÉSUMÉE DES OUVRAGES D'ENSEMBLE

Liste des ouvrages analysés

Radioscopie et Radiographie clinique de précision. 1 vol. petit in-16, 1900. Couronné par l'Académie des Sciences (Prix de Médecine et Chirurgie, 1901).

Technique de la Radioscopie et de la Radiographie ordinaires. In Traité de Radiologie médicale, publié sous la direction du Prof. Bouchard, 1903. G. Steinheil, éditeur, Paris.

Électricité médicale. 1 vol. in-16, 1905; 2e édition, 1907. G. Steinheil, éditeur, Paris, et Rebman, éditeur, Londres, pour la traduction anglaise, 1906. Couronné par l'Académie de Médecine (Prix Apostoli, 1906).

Guide pour l'emploi de l'électricité en médecine. Principales applications de l'Électrothérapie et de la Radiothérapie. 1 vol. petit in-16, 1906. G. Steinheil, éditeur, Paris.

Manipulations de Physique biologique. 1 vol. in-16, 1910. G. Steinheil, éditeur, Paris.

Radiométrie fluoroscopique. 1 vol. in-16, 1910. G. Steinheil, éditeur, Paris. Couronné par l'Académie des Sciences (Prix Barbier, 1911).

Rayons X et Radiations diverses. Actions sur l'organisme. 1 vol. de l'Encyclopédie scientifique. Doin, éditeur, Paris, 1910.

Les Nouveaux Horizons de la Science. 4 vol. in-8, 1913-1916. G. Steinheil, édit. Masson, succr. Couronné par l'Académie des Sciences (Prix Hébert, 1917)

Tome I. — La matière, la molécule, l'atome.

Tome II. — L'Électricité. Les Radiations. L'éther. Origine et fin de la matière.

Tome III. — La matière vivante. Sa chimie. Sa morphologie.

Tome IV. — La vie, ses fonctions, ses origines, sa fin.

La Matière et la Vie. 1 vol. in-8, 1919. Flammarion, éditeur (Bibl. de Philosophie scientifique).

L'Électroradiologie dans les séquelles de blessures de guerre (Fascic. d'un ouvrage en collaboration, sous presse).

I. — Radioscopie et Radiographie cliniques de précision

1 vol. petit in-8, 66 pages, 1900.

DIVISION

J'ai exposé dans ce petit traité les principes des examens cliniques radioscopiques en insistant sur l'utilité des supports à ampoule mobile qui permettent de manier les rayons X comme on manierait un stéthoscope à la surface du corps, sur l'utilité de la définition des incidences et sur la recherche de l'incidence d'élection, c'est-à-dire de celle qui permet de voir l'anomalie observée sous son meilleur jour J'y ai donné un procédé de définition d'un point d'incidence quelconque sur le corps. J'y ai décrit un radiogoniomètre et un dispositif pour la recherche des corps étrangers par un procédé radioscopique. J'y ai exposé aussi mes recherches personnelles sur la cinématographie de l'appareil respiratoire et de l'appareil circulatoire. Cet ouvrage a été couronné par l'Académie des Sciences : Prix de Medecine et de Chirurgie, 1901.

II. — Article du Traité de Radiologie médicale du Professeur Bouchard

Secrétaire de la rédaction de ce Traité, j'y ai moi-même collaboré en rédigeant le chapitre de la technique générale des opérations radiologiques. J'y ai en particulier décrit les différents systèmes d'orthodiagraphes alors employés.

En outre, j'ai traduit pour ce traité l'article en allemand du Dr Scheier, sur la radiologie de la tête, des dents, de la bouche, de l'oreille et des voies respiratoires supérieures.

III. — Électricité médicale

1 vol. in-8, 650 pages, 1re édition 1905; 2e édition 1907. Steinheil, édit., Paris. Traduit en anglais en 1906. Rebman, édit., Londres.

DIVISION

Première Partie. — Partie physique

Chap. Ier. — Courant galvanique ou continu.
Chap. II. — Courant faradique.
Chap. III. — Courant sinusoïdal.
Chap. IV. — Courants de haute fréquence.
Chap. V. — Forme statique.
Chap. VI. — Courants de décharge des condensateurs (sources galvaniques ou électrostatiques ; courants de Morton).
Chap. VII. — Rayons X. Généralités. — Tube de Crookes. — Emploi, caractères physiques, etc. — Application à la médecine et à la chirurgie.
Chap. VIII. — Corps radioactifs.
Chap. IX. — Galvanocaustique.
Chap. X. — Ozonisation.
Chap. XI. — Emploi de l'électricité comme génératrice de mouvement.
Chap. XII. — Protothérapie. — Thermothérapie.
Chap. XIII. — Aimants et électro-aimants.

Deuxième Partie. — Partie physiologique

Chap. Ier. — Action physiologique de l'état permanent. — Généralités. — Actions physico-chimiques, électrolyse, cataphorèse. — Actions d'ordre physiologique. — Électrogenèse animale.

Troisième Partie. — Partie médicale

Dans ce traité, je me suis efforcé d'exposer le plus brièvement possible toutes les notions de physique mathématique indispensables pour le médecin électricien. J'ai insisté particulièrement sur les constantes des générateurs, les résistances et leur mesure, les calculs et le choix des conducteurs, etc. Dans les considérations théoriques relatives à l'électricité statique, j'ai exposé complètement la notion du potentiel si mal comprise en général et j'ai tâché de préciser la valeur des unités électrodynamiques et électrostatiques. Relativement aux rayons X, j'ai exposé dans ma deuxième édition les procédés de mesures quantitométriques alors en usage. J'y ai développé aussi l'étude des corps radioactifs, tant au point de vue physique qu'au point de vue physiologique.

J'ai donné un grand développement à la théorie de l'ionisation, sans

laquelle il est impossible de comprendre les phénomènes physiologiques dus au passage du courant continu.

Dans l'étude physiologique de l'état variable, j'ai exposé en détail les expériences de M. Weiss qui permettent d'arriver à une loi applicable à tous les cas et même, à mon avis, aux courants de haute fréquence. En effet, j'ai montré, en étudiant l'action physiologique des courants de haute fréquence, que l'application pure et simple de la formule de Weiss conduit à affirmer leur défaut d'action sur les systèmes sensitif et moteur.

Dans la partie médicale, je me suis attaché, suivant en cela un plan nouveau, à mettre sous la rubrique de chaque maladie toutes les questions d'électro ou de radiodiagnostic à côté de la thérapeutique physique appropriée.

Les planches représentant les points moteurs dans ce traité offrent ceci de spécial que, grâce à l'emploi de plusieurs couleurs, elles font voir, à la seule inspection de la région, les territoires musculaires de chaque tronc nerveux.

Cet ouvrage a été couronné par l'Académie de Médecine (Prix Apostoli, 1906).

IV. — Guide pour l'emploi de l'Électricité en Médecine

Petit in-8, 64 pages, Steinheil, édit., 1906.

Ce petit livre n'est qu'un compendium résumé permettant au médecin non physicien de se rendre compte des principales propriétés et applications des modalités électriques.

V. — Manipulations de Physique Biologique

1 vol. in-8, 270 pages, 1910. Steinheil, Édit.

DIVISION

Première Partie. — Méthode graphique

Deuxième Partie. — Manipulations relatives aux actions moléculaires

Troisième Partie. — Électricité

Chap. Ier. — Courant galvanique à l'état permanent.

Chap. II. — Courants d'état variable. Courants faradiques, sinusoïdaux, etc. — Manipulations relatives à l'emploi de ces courants pour provoquer les secousses nerveuses et musculaires.

Chap. III. — Courants de haute fréquence.

Chap. IV. — Électricité statique.

Quatrième Partie. — Étude des radiations lumineuses. Optique médicale

Cinquième Partie. — Radiations nouvelles. — Rayons X
Rayons du Radium

Cet ouvrage a surtout pour objet de donner aux élèves la technique des manipulations exigées par le programme des études médicales.

Ainsi dans l'étude de la méthode graphique, c'est surtout la prise des tracés des mouvements physiologiques qui est visée.

Dans celle des actions moléculaires, c'est surtout la technique de la cryoscopie qui est traitée.

En électricité, la description des appareils et des méthodes est limitée à la technique des applications médicales et physiologiques et en particulier à la recherche des syndromes propres aux états pathologiques.

En optique, j'ai surtout eu en vue les méthodes pratiques relatives à la connaissance des lentilles, à la détermination des amétropies, de l'acuité visuelle, du champ visuel, etc... Je signalerai dans ce chapitre la description d'un dispositif simple permettant de faire comprendre facilement aux élèves le phénomène skiascopique.

De même l'étude de la radiologie a été limitée à la technique propre à la conduite des appareils, au réglage des tubes et aux méthodes générales d'examens médicaux.

VI. — Radiométrie fluoroscopique

1 vol. in-8, 176 pages. Steinheil, Édit. 1910

DIVISION

Première Partie. — Radiométrie fluoroscopique. Technique

Deuxième Partie. — Applications de la méthode

Conclusions et Résumé

Cette monographie est l'exposé d'une méthode personnelle de mesures de l'intensité du rayonnement X (voir plus loin le chapitre quantitométrie des rayons X, page 60).

La méthode repose sur la comparaison de la fluorescence produite par un rayonnement X quelconque sur un écran de platino-cyanure de baryum avec une fluorescence étalon.

L'ouvrage précise les conditions d'exactitude de la méthode, les détails relatifs à la construction des appareils comparateurs et des appareils totalisateurs, ainsi que la détermination d'une unité de rayonnement décrite sous le nom d'unité médicale ou unité M.

Toute la seconde partie du livre est consacrée à l'étude des applications de la méthode : lois de posologie en radiographie, lois de posologie en radiothérapie basées sur la notion de la quantité d'énergie radiante fixée par l'unité de masse de la matière radio-sensible ; lois de transmission d'un faisceau complexe en fonction de ses composantes exponentielles; effet des filtres et qualités requises des filtres pour arriver à réduire au minimum l'hétérogénéité des faisceaux.

L'ouvrage se termine par une étude comparée des doses fixées par la matière soumise aux divers rayonnements X et aux rayonnements du radium. C'est là une notion fondamentale qui constitue la base même de la comparaison des effets biologiques de ces diverses radiations.

Ce petit volume, que je regarde comme l'un des plus importants de ceux que j'ai publiés, parce qu'il ne renferme que des travaux personnels, a été couronné par l'Académie des Sciences (*Prix Barbier, 1911*).

VII. — Rayons X et Radiations diverses

1 vol. in-8, 317 pages. Doin, Édit., Paris

Dans cet ouvrage j'ai tâché de faire la synthèse des actions biologiques produites par l'amortissement dans la matière organisée de toutes les formes de l'énergie radiante, depuis les radiations hertziennes à grande longueur d'onde jusqu'aux rayons X et aux rayons γ du radium, depuis les radiations vraies jusqu'aux radiations d'émission (rayons β du radium). La première partie de l'ouvrage a été consacrée à l'étude physique des radiations, la seconde à leur mesure, la troisième à leurs actions biologiques. Une idée directrice a guidé cette étude : c'est de rapporter les phénomènes biologiques observés non pas aux doses incidentes, mais aux doses d'énergie radiante réellement fixées par les éléments organiques. La comparaison des effets produits par des doses absorbées égales de radiation de longueurs d'onde variées peut seule nous fixer sur l'action spécifique de telle ou telle modalité de l'énergie radiante.

VIII. — Les Nouveaux Horizons de la Science

4 vol. in-8, 1913-1916. G. Steinheil, Édit., Masson Suc[r]

TOME PREMIER

La Matière. — La Molécule. — L'Atome

TOME II

L'Électricité. — Les Radiations. — L'Éther. — Origine et fin de la Matière

Livre Ier. — L'Électricité

Livre II. — L'Éther et les Radiations

Livre III. — La Radio-activité. La Désagrégation de la Matière

Livre IV. — Origine et Fin de la Matière. Les Enseignements de la Cosmologie. L'Évolution de l'Énergie

TOME III

La Matière vivante. — Sa Chimie. — Sa Morphologie

Préliminaires et résumé des données acquises sur la matière.

Livre Ier. — La Chimie de la Matière Vivante

Livre II. — Les Formes de la Matière Vivante

TOME IV

La Vie. — Ses Fonctions. — Ses Origines. — Sa Fin

Livre Ier. — Fonction de Nutrition. Croissance. Reproduction. Énergétique animale

Livre II. — Origine des Êtres vivants. La Fonction de Nutrition et l'Origine de la Matière vivante

Livre III. — Les Fonctions de Relation

Conclusions Générales

Cet ouvrage en 4 volumes ne peut être analysé autrement que par l'énoncé des chapitres ci-dessus. En l'écrivant je me suis proposé de mettre le lecteur au courant des théories les plus récentes des sciences physiques et naturelles et je me suis attaché à montrer qu'il ne saurait y avoir de théorie générale, ni d'hypothèses dignes de quelque intérêt hors de celles qui se déduisent immédiatement des constatations expérimentales.

Le dernier volume renferme l'exposé d'une interprétation personnelle du sens de l'évolution propre à la matière vivante. Sous le nom de loi d'option, j'ai tâché de mettre en lumière une loi liée à l'irritabilité de la matière vivante et qui me paraît aussi importante dans l'évolution des phénomènes de la vie que la loi de Carnot l'est dans celle de tous les phénomènes de la nature. (Voir p. 37).

L'ensemble de ces quatre volumes a été couronné à l'Académie des Sciences (*Prix Hébert, 1917*).

IX. — La Matière et la Vie

1 vol. in-8, 318 pages. Édit. Flammarion, Bibliothèque de Philosophie scientifique

Première Partie. — Les lois d'évolution des phénomènes de la nature

Deuxième Partie. — La loi particulière aux phénomènes de la vie
L'option vitale

J'ai cherché dans cet ouvrage à dégager de l'étude de l'évolution de la matière vivante les principaux faits capables de mettre en lumière les lois propres à cette évolution.

J'ai fait voir tout d'abord que tous les phénomènes matériels, y compris les phénomènes propres à la matière vivante, sont tributaires des deux lois fondamentales de l'énergétique, la loi de conservation de l'énergie et la loi de dégradation de l'énergie.

J'ai développé en particulier cette idée que si l'on met à part les mutations énergétiques propres aux phénomènes mécaniques, les autres phénomènes de la nature, ceux qu'on peut appeler phénomènes d'évolution, sont une fonction de la dégradation énergétique qui les accompagne, si bien que cette dégradation peut être considérée comme la mesure de la tendance qu'ils ont à se produire et comme la raison intime de leur production.

Cet exposé conduit à envisager l'évolution des phénomènes d'un système physique comme dictée par le deuxième principe de l'énergétique et le sens de cette évolution comme imposé par ce deuxième principe.

Ces conclusions étant établies, j'ai montré dans la deuxième partie de l'ouvrage que les phénomènes propres à l'évolution de la matière vivante ont un sens qui n'est pas imposé par la loi de Carnot et que, d'autre part, ce sens ne peut être expliqué par le calcul des probabilités ni par le hasard. Par contre, une propriété liée à l'irritabilité des plasmas, la plus facile répétition du déjà fait, met en défaut le deuxième postulat des probabilités dans le choix entre plusieurs phénomènes isodégradateurs, et suffit à rendre compte de l'enchaînement des mutations qui conduit la matière organisée vers la complexité croissante de ses unités.

Le mécanisme de cette directive est envisagé successivement dans les réactions chimiques des plasmas et dans les actes de relation.

La combinaison de cette propriété de la matière vivante avec les effets de la sélection naturelle conduit à ce résultat de transformer une *option de fait*, due seulement à la mémoire matérielle et à la mise en défaut par elle des formules de probabilités, en *option forcée*, et de créer une véritable *loi d'option*.

Un dernier chapitre montre que de cette thèse peuvent se dégager certains enseignements pratiques susceptibles d'intéresser les éducateurs et les moralistes.

CHAPITRE II

ANALYSE DES TRAVAUX RELATIFS A LA MÉCANIQUE ANIMALE. — MÉTHODE GRAPHIQUE. — CINÉMATIQUE. — APPLICATION DES AGENTS KINÉSIQUES EN BIOLOGIE ET EN THÉRAPEUTIQUE.

§ 1er. — Mécanique respiratoire et circulatoire

A) *Dissociation des phases respiratoires par la ciné-radiographie.*

En 1898, alors que la radiographie rapide n'existait pas encore, j'ai fait un appareil permettant de superposer automatiquement une série d'impressions radiographiques prises au même moment de la phase respiratoire.

Ce dispositif était formé d'une ceinture extensible fermant par l'intermédiaire d'un circuit accessoire, le circuit générateur des rayons X, à un moment de son expansion toujours le même pendant une même expérience et variable d'une expérience à l'autre. Il n'y a plus lieu de l'employer aujourd'hui, une seule impression, d'une fraction de seconde, suffisant pour obtenir une radiographie du thorax.

Quoi qu'il en soit, les résultats obtenus alors (*C. R.* 8 août 1898) ont confirmé et fixé graphiquement les observations faites au moyen de la radioscopie par le Prof. Bouchard sur l'ampliation de l'oreillette droite durant l'inspiration.

Ils ont en outre donné la démonstration graphique du fait suivant :

Chez le sujet sain, l'angle d'inclinaison moyenne des côtes est le même à droite et à gauche et l'angle fonctionnel (différence entre l'angle de fin d'inspiration et l'angle de fin d'expiration) est égal des deux côtés.

Chez les pleurétiques et chez certains tuberculeux l'angle moyen est

ordinairement diminué du côté malade, ainsi que l'angle fonctionnel (Bouchard et Guilleminot, *C. R. Acad. Sc.*, 12 juin 1899).

Les mouvements du diaphragme ont été étudiés par le même procédé.

J'ai poursuivi ces travaux les années suivantes concurremment avec l'emploi de la méthode orthodiascopique, ce qui m'a amené à poser en 1905 des conclusions générales sur l'étude radiologique du fonctionnement des côtes et du diaphragme et sur son importance pour le diagnostic de la tuberculose (Cf. p. 78).

B) *Dissociation des phases de la révolution cardiaque.*

En 1899, je me suis proposé de fixer par une série de radiogrammes les formes successives prises par les contours du cœur et de l'aorte aux diverses phases de la révolution cardiaque.

Pour cela, j'ai construit un dispositif permettant de saisir à chaque révolution cardiaque durant une petite fraction de seconde une impression correspondant à une phase toujours la même de la révolution, et de superposer ces mêmes impressions 100 fois, 200 fois, de manière à avoir sur une plaque l'impression totale suffisante pour une silhouette nette.

Ce dispositif comprend :

1° Un générateur de mouvement uniforme donnant au moyen d'un réducteur de vitesse une rotation de 60 tours par minute à l'axe AB (fig. 1).

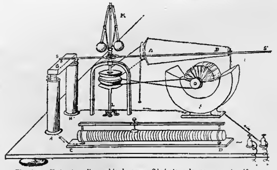


Fig. 1. — Cinémato-radiographie du cœur. Générateur de mouvement uniforme.

C'est tout simplement un moteur électrique muni d'un régulateur de vitesse à force centrifuge M agissant sur un rhéostat d'admission G.

2° Un modificateur de vitesse fait de deux cônes AB, A'B' (fig. 2) permettant de donner à l'axe A' B' une vitesse uniforme de 20 à 180 tours par minute.

3° Un rupteur du circuit primaire de la bobine génératrice des rayons X, U H H' (fig. 2). C'est un plongeur à mercure mû par un excentrique

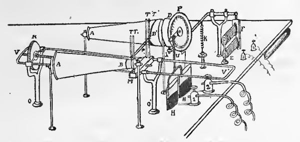


Fig. 2. — Cinémato radiographie du cœur. Dispositif de synchronisation et calage du rupteur.

calé à frottement doux sur l'axe A' B' et capable de faire 20 à 180 contacts par minute.

4° Un appareil déclenchateur E F λ K (fig. 2) qui immobilise l'excentrique à sa position d'origine tout en laissant l'axe A' B' tourner à frottement doux, et qui, lorsque l'électro-aimant E produit ce déclenchement, laisse cet excentrique accomplir sa rotation à la vitesse choisie pour se reclencher à nouveau dès qu'elle est terminée.

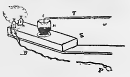


Fig. 3. — Cinémato-radiographie du cœur. Sphygmo-contact synchroniseur.

5° Un synchroniseur composé d'un sphygmographe de Marey (fig. 3) dont le levier est muni d'un contact électrique. Ce contact ferme, à chaque pulsation radiale, le circuit de pile de l'électro-aimant E de la figure 2 et déclenche la roue de l'excentrique.

La roue de l'excentrique commence ainsi sa rotation à chaque pulsation radiale et l'accomplit en un temps variant, suivant le réglage, de 1/20 à 1/180 de minute. Ce réglage se fait de la façon suivante : On compte le pouls du sujet : c'est par exemple 70. On ajoute 10,

ce qui donne 80. La rotation de l'axe A B est réglée à 80 par minute. Ainsi le clenchement se produit forcément avant chaque systole, l'axe allant un peu plus vite que le cœur.

Donc à chaque pulsation radiale la roue de l'excentrique commence sa rotation. L'excentrique est calé à volonté avec un retard de 10, 20, 30 d°.. Ainsi l'impression est prise avec un retard de 10/360, 20/360, etc.. du temps de révolution de l'excentrique.

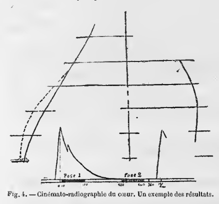


Fig. 4. — Cinémato-radiographie du cœur. Un exemple des résultats.

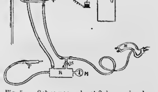
La fig. 4 montre deux silhouettes des contours du cœur prises la première à partir du 10e degré, la seconde à partir du 250e degré après la pulsation.

La durée de la plongée du mercure règle la durée de l'impression.

Le point le plus difficile de la manipulation est le réglage du sphygmo contact. Aussi, depuis ces premières expériences de 1899, j'ai essayé divers modes de synchronisation, et, en 1914, j'ai mis au point un synchroniseur qui est en même temps un sphygmographe de nouveau modèle et dont la description fait l'objet de l'article ci-après.

C) *Inscription de la pulsation artérielle totale d'un membre.*

Je me suis proposé d'obtenir le graphique des oscillations données par l'expansion artérielle de l'avant-bras, telles que les figure visuellement l'aiguille oscilloscopique de l'appareil du Professeur Pachon.


Fig. 5. — Sphygmographe et Sphymo-signal.

La partie essentielle de l'appareil consiste en deux tambours de Marey

TT′ opposés par leur membrane. Entre les deux membranes se trouve pincé un levier inscripteur L.

Le tambour T est en relation avec le brassard B directement et avec le réservoir R indirectement par le tube A muni du séparateur S. Le tambour T′ est en relation avec le réservoir R. P est une pompe de compression, M un manomètre.

Le maniement est le même que celui de l'oscillomètre de Pachon auquel est emprunté d'ailleurs le principe de la contre-pression.

Le principal objet de cet instrument était d'obtenir un signal sûr de la systole antibrachiale pour l'appareil décrit ci-dessus en vue de la cinéradiographie du cœur. A cet effet, le levier L est simplement muni d'un contact électrique.

Ces travaux ont été interrompus par la guerre et n'ont été que partiellement repris depuis (*Soc. Biol.*, 3 février 1917, et *Soc. d'Électr. et Radiol.*, juillet 1919).

D) *Pression artérielle. Ses rapports avec l'albuminurie dans les maladies chroniques* (Thèse de Paris, 1896).

Les conclusions de ce travail, tirées d'un grand nombre d'observations prises par le professeur Bouchard, tendent à établir que chez les albuminuriques chroniques :

1° La pression artérielle croît avec l'âge suivant la règle générale, s'ils ne sont pas brightiques, et *a fortiori* s'ils le sont ;

2° La fréquence du pouls paraît indépendante de la pression artérielle absolue et, même chez les néphritiques, elle paraît varier d'une façon inverse à la loi de Marey augmentant avec cette fréquence ;

3° Le fait pour un chronique d'être en plus albuminurique n'est pas corrélatif d'une augmentation de la P. A. Les statistiques montrent que la P. A. est la même pour les mêmes catégories de chroniques avec ou sans albuminurie.

Même chez les brightiques, il n'y a nullement parallélisme entre l'albuminurie et l'hypertension.

De ces conclusions se dégage l'idée de l'indépendance générale de l'albuminurie et des modifications de la tension artérielle. L'albuminurie n'est pas plus fonction de l'hypertension que l'hypertension n'est un effet de l'albuminurie.

§ 2. — **Sur la mécano-morphose et l'emploi des agents kinésiques comme modificateurs de la morphologie des tissus**

L'emploi du mouvement comme modificateur trophique dans les altérations des tissus articulaires, des cartilages, des synoviales, des tendons, des muscles, etc., a fait l'objet d'une série d'observations portant presque exclusivement sur les séquelles des blessures de guerre.

Traitement des enraidissements de causes fibreuses (*Acad. de Méd.*, 8 mai 1917). Contractures et rétractions fibreuses (*Acad. de Méd.*, 8 mai 1917). Prothèse curative; Travail professionnel; Cure agricole; Rééducation fonctionnelle, etc. (*Soc. Méd. du Cher*, 1916; *Acad. de Méd.*, juin 1917. Conférence interalliée 1917).

Ces travaux seront résumés dans un chapitre spécial consacré à la physiothérapie et radiologie de guerre (Cf. p. 97).

CHAPITRE III

ANALYSE DES TRAVAUX RELATIFS AUX COURANTS ÉLECTRIQUES DE BASSE TENSION

§ 1er. — Quelques dispositifs instrumentaux utiles dans la pratique médicale

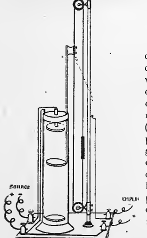


Fig. 6. — Réducteur de potentiel à liquide.

A) J'ai indiqué le moyen pratique d'exciter les galvano-cautères qui exigent de 1 à 12 ou 15 ampères sous quelques volts sans réducteurs de potentiel spéciaux. Il suffit pour cela de mettre dans le circuit d'un appareil de grande consommation utilisé dans les cabinets médicaux (tel qu'une plaque chauffante, un groupement de lampes, etc.), une résistance à gros fil de quelques ohms sur laquelle on dérive le cautère. Cette résistance peut d'ailleurs à volonté être court circuitée. La consommation du cautère est réglée par un curseur qu'on peut déplacer le long de la résistance. (*Arch. Élect. Méd.*, 15 avril 1903).

B) Dans le même ordre d'idées, j'ai indiqué le moyen de construire soi-même, à l'aide d'une éprouvette de verre de 1 litre et de deux poulies, un réducteur de potentiel à liquide pour la galvanisation médicale. Le courant de la source est amené à deux disques

de charbon situés, l'un au fond de l'éprouvette, l'autre en haut près de la surface de l'eau.

Le courant d'emploi est dérivé d'une part sur l'une des deux électrodes ci-dessus, d'autre part sur un troisième disque de charbon mobile entre les deux premiers, grâce à une tige métallique verticale isolée dans un tube de caoutchouc et qui le supporte en formant en même temps conducteur (fig. 6).

Cette tige est commandée par une courroie, munie d'un contrepoids, dont la fig. 6 donne la disposition (*Arch. Élect. Méd.*, 15 avril 1903).

C) Mesure des résistances. Lorsqu'on dispose d'un tableau d'électrothérapie possédant deux milliampéremètres ou encore un milliampéremètre et un voltmètre, il est très simple en modifiant les connexions, comme je l'ai indiqué, de constituer un ohmmètre d'une grande commodité.

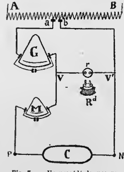


Fig. 7. — Un procédé de mesure des résistances.

AB étant le réducteur de potentiel du tableau et *ab* les bornes de sortie de ce réducteur entre lesquelles on peut établir une différence de potentiel croissant depuis 0 jusqu'au maximum, nous plaçons en série les deux milliampéremètres, G marquant de 0 à 100 *m*A, par exemple, et M marquant de 1 à 5 ou 10 *m*A, avec divisions au 1/10. Sur le conducteur unissant les deux milliampèremètres, nous branchons une dérivation VV' que nous menons jusqu'au conducteur fixé à l'autre borne du réducteur *b*N. Sur le trajet de cette dérivation, nous plaçons une prise de courant, *r*, sur laquelle nous fixons une résistance étalonnée R^d, par exemple un fil résistant de 50 ohms enroulé sur un bouchon de prise de courant.

C'est là tout le dispositif.

Il nous suffit de faire passer un courant de 2 *m*A dans le milliampéremètre M et de lire en ohms sur le milliampéremètre G, portant une graduation spéciale à côté de l'autre, la résistance de l'emploi placé entre P et N (augmentée, il est vrai, de la résistance connue de M).

Il est en effet facile de démontrer que si l'on fait passer 2 *m*A dans

l'emploi (courant mesuré par le milliampéremètre M), le courant total I_t (mesuré par G) est égal à

$$I_t = 0^{A,}002 + 0^{A,}002 \frac{Rc}{Rd}$$

Rc étant la résistance cherchée, Rd la résistance dérivée de 50$^{\omega}$, et $0^{A,}002 \frac{Rc}{Rd}$ représentant l'intensité du courant dérivé dans la branche r.

D'où l'on tire : $R_c = \frac{(I_t - 0^{A,}002)\, Rd}{0{,}002} = I_t \left(\text{diminuée de } 2^{\text{ mA}}\right) \times \frac{50^{\omega}}{0^{A,}002}$

Cette formule fait voir que les indications du milliampéremètre G, qui donnent l'intensité totale, peuvent se traduire directement en ohms de la branche MPCN.

Une seconde graduation placée sur le cadran de G indique ainsi la résistance du corps C (augmentée de la petite résistance connue du milliampèremètre N).

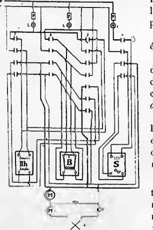


Fig. 8. — Connexions d'un dispositif pour électrodiagnostic et électrothérapie.

Le même appareil peut servir à étalonner les petites résistances.

Dans un article sur la description de cet appareil, j'ai discuté le degré d'approximation de la méthode et précisé ses conditions d'exactitude (*Arch. d'Elect. Méd.*, 10 avril 1906).

J'ai en outre rapporté exactement les résultats de l'expérience et les erreurs auxquelles exposent les imprécisions de lecture du milliampèremètre.

D) Dispositif pratique pour l'électrodiagnostic et l'électrothérapie : appareil mobile en forme de pupitre de musicien (*Arch. Elect. Méd.*, 25 juin 1906, 25 décembre 1907. *Congrès de Marseille*, 1908).

Le but de ce dispositif a été de permettre au médecin de faire successivement toutes les opérations d'électrodiagnostic par le courant faradique ou galvanique, les mesures de résistance, les traitements par les courants

galvaniques, faradiques, galvano-faradiques, sinusoïdaux, sans avoir à changer un seul fil, et par le seul jeu d'un levier unique pour chaque besoin.

La figure 8 montre le schéma des connexions du dispositif le plus simple (ne comprenant pas la mesure des résistances).

Pour les services d'hôpitaux en particulier, là où il faut aller vite et éviter les tâtonnements et les erreurs, cette instrumentation m'a paru offrir des avantages sérieux.

§ 2. — Sur les variations de résistance électrique du sélénium

J'ai étudié les variations de résistance électrique du sélénium à la chaleur, aux rayons X et aux rayons du radium, dans le but de rechercher si ce corps offrirait les garanties suffisantes pour servir à la dosimétrie comparée des radiations.

Le programme des travaux relatifs à cette question n'est pas encore épuisé, mais une partie en a été publiée en 1913 et 1914 (*C. R.*, avril 1913 ; *Annales Elect.*, janvier 1914 ; *Congrès Elect.*, Lyon, 1914).

Le dispositif que j'ai adopté est le suivant : une cellule de sélénium est placée dans l'une des quatre branches d'un pont de Wheatstone, dont la branche symétrique renferme une résistance réglable de 350.000ω, et dont les deux branches fixes renferment chacune une résistance invariable de 10.000ω.

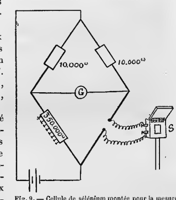


Fig. 9. — Cellule de sélénium montée pour la mesure de sa résistance.

Le galvanomètre est un Chauvin et Arnoux à miroir.

La résistance de la cellule employée variait avec la température de 330.000ω (pour 3° centig.), à 200.000ω (pour 15°) et 150.000ω (pour 20°). Elle variait avec le voltage de 177.000ω (sous 1 volt), à 167.000ω (sous 4 volts), à 148.000ω (sous 10 volts), à 118.000ω (sous 20 volts), etc., à la

température de 18°. Cette dernière considération entraîne la nécessité d'une correction dans les mesures ordinaires sous voltage constant aux bornes du pont. En effet, avec un voltage constant de 4 volts par exemple aux bornes du pont, on a dans mon dispositif expérimental une variation de 7/100 de volts environ aux bornes de la cellule de sélénium, quand la résistance absolue de cette cellule passe de 300.000ω à 190.000ω.

Avec ce dispositif, j'ai dressé les courbes de variation de la résistance du sélénium durant les cinq premières minutes de l'irradiation de la cellule par des rayonnements variés. Rayons β et γ du radium, rayons X, rayons lumineux.

La figure 10 représente les chutes de résistance dues aux rayonnements β et γ d'un sel de radium placé dans des conditions déterminées pour des résistances initiales variant de 320.000 à 140.000ω (résistance variable suivant la température ambiante).

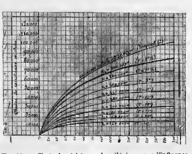


Fig. 10. — Chute de résistance du sélénium sous l'influence des rayons du Radium.

De l'ensemble des expériences faites, j'ai déduit la sensibilité de la cellule employée et l'ai exprimée par le rapport de la variation totale à la résistance initiale. C'est la sensibilité relative aux différentes températures ambiantes, sous l'action des radiations variées.

Voici les conclusions de ces premiers travaux :

1° On ne peut songer à employer une cellule de sélénium comme agent précis de mesures des radiations qu'à la condition de connaître rigoureusement son mode de variations avec la température et de mesurer chaque fois sa résistance initiale au début de chaque observation.

2° Il faut disposer son appareillage de telle façon que l'on soit à l'abri de toute variation notable de voltage aux bornes de la cellule.

3° Il faut savoir que la sensibilité du sélénium est d'autant plus grande que la température est plus basse. Pour de petits écarts de température, la méthode du pont permet de considérer les déviations de l'index galvanométrique comme suffisamment proportionnelles à l'intensité du rayon-

nement quoique les valeurs ohmiques correspondantes présentent de gros écarts. En adoptant mon dispositif d'études, on simplifie ainsi le manuel opératoire et les calculs, mais pour des mesures seulement approximatives.

4° Étant donné un rayonnement d'intensité constante, les chutes de résistance qu'il provoque en fonction du temps sont toujours les mêmes pour une même résistance initiale (même température). La courbe de chute peut donc indiquer rigoureusement l'intensité du rayonnement.

5° Pour des mesures approximatives, il est à peu près suffisant de faire la courbe des déviations galvanométriques et de connaître la température à un demi-degré près ; cette courbe suffit pour indiquer l'intensité du rayonnement.

§ 3. — Quelques notes de pratique électrothérapique

A) Sur la puissance maxima des courants employés en électricité médicale (*Arch. Élect. méd.*, 15 janvier 1903).

Étude destinée à éviter la confusion qui existe dans l'esprit de certains praticiens au sujet de la règle de physique :

Pour qu'un générateur travaille dans les conditions de puissance maxima, la résistance intérieure et la résistance extérieure doivent être égales. Un raisonnement très simple fait voir que si l'on se donne une résistance extérieure non variable au gré de l'opérateur, comme la résistance du corps humain, il n'y a aucun intérêt pratique à rechercher pour le générateur de courant galvanique employé la satisfaction de la loi de P_u max.

B) Sur le traitement des rétrécissements de l'urètre par un procédé mixte mécanique et électrolytique (*Congrès A. F. A. S.*, Lyon, 1906).

Relation de plusieurs cas de rétrécissements rebelles à la dilatation mécanique simple, rebelles aux applications d'électrolyse circulaire simple et qui ont cédé à l'emploi combiné des deux méthodes. L'emploi systématique de la dilatation mécanique graduelle aidée par l'électrolyse circulaire paraît dans tous les cas donner des résultats supérieurs à l'emploi de chaque méthode isolée.

C) Sur le traitement comparé des fibromyomes utérins par les procédés électrothérapiques et radiothérapiques.

Dans un travail fait en collaboration avec LAQUERRIERE, j'ai montré

que si, dans la plupart des cas de fibromyomes utérins, la radiothérapie constitue le traitement de choix, il ne faut pas oublier que l'électrothérapie conserve ses indications et ne doit pas être rayée de la thérapeutique de cette affection (*Rapport au IIIe Congrès de Physiothérapie*, avril 1911).

D) Sur la réaction de dégénérescence. Au sujet du tableau de la D. R. dans le temps, il règne une certaine confusion dans l'esprit des débutants. Ils n'aperçoivent pas comment évolue la symptomatologie électrique au cours de la dégénérescence wallérienne.

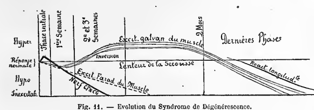


Fig. 11. — Evolution du Syndrome de Dégénérescence.

Pour préciser les caractéristiques du syndrome aux diverses phases de cette évolution, j'ai fait une courbe, qui depuis a été reproduite par plusieurs auteurs et qui fait voir par une image visuelle :

1° Tout à fait au début, dans les premières heures qui suivent la section, l'hyperexcitabilité du bout périphérique du nerf.

2° Ensuite la rapide diminution, puis l'abolition de l'excitabilité du nerf avec hypoexcitabilité faradique et galvanique du muscle.

3° Puis le relèvement de l'excitabilité galvanique du muscle qui tend vers le mode de réaction sarcoplastique (théorie de Bottazzi), ce qui amène aux grandes caractéristiques de la période d'état, période vraiment clinique :

Nerf inexcitable aux deux courants ;
Muscle hypoexcitable ou inexcitable au C. F. ;
Muscle hyperexcitable au C. G. avec réaction lente et inversion de la formule.

4° Enfin aux dernières phases : hypoexcitabilité galvanique progressive du muscle (fig. 11) (*Tr. Élect. méd.*, 1907).

CHAPITRE IV

ANALYSE DES TRAVAUX RELATIFS AUX COURANTS ÉLECTRIQUES DE HAUTE TENSION

§ 1er — Sur les phénoménes d'induction par les courants de H. F.

Dispositifs spéciaux pour élever leur potentiel ou créer des champs d'induction.

L'emploi des bobines plates a trouvé ses applications dans la transformation des courants de bas voltage. Il a ses avantages aussi pour la transformation des courants de haute fréquence.

J'ai construit un résonateur très simple qui n'est d'ailleurs qu'une modification du résonateur de Oudin et qui est fait d'un fil de cuivre nu formant une vingtaine de spires hélicoïdales dans le même plan, chacune de ces spires étant fixées sur des rayons de corde tendus dans un cerceau (fig. 12).

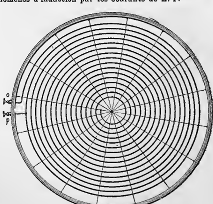


Fig. 12. — Schéma de construction de la spirale de H. F.

L'induction se fait par la spire externe, c'est-à-dire que la décharge oscillante des condensateurs parcourt seulement la spire externe (fig. 13). L'induction se produit dans les spires internes et le pôle d'effluvation est au centre.

La distance séparant les spires a été déterminée expérimentalement : elle correspond au seuil de l'explosion d'une étincelle pour des courants un peu supérieurs à la limite des courants pratiquement employés. D'où le pas progressif adopté pour l'enroulement.

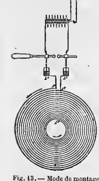
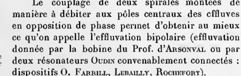


Fig. 13. — Mode de montage de la spirale de H. F. pour la résonance.

Les spirales plates permettent au mieux d'étudier l'induction d'un résonateur sur un résonateur voisin placé parallèlement à lui. On peut aussi se rendre compte que l'effluvation produite est tantôt en phase, tantôt en opposition de phase avec l'effluvation de l'inducteur, suivant le sens de l'enroulement. De là les effluves qui « s'attirent » et les effluves qui « se repoussent » et diverses modalités de leurs manifestations.



Le couplage de deux spirales montées de manière à débiter aux pôles centraux des effluves en opposition de phase permet d'obtenir au mieux ce qu'on appelle l'effluvation bipolaire (effluvation donnée par la bobine du Prof. d'Arsonval ou par deux résonateurs Oudin convenablement connectés : dispositifs O. Farrill, Lebailly, Rochefort).

Comme dans tout résonateur, l'effluvation maximale exige une certaine capacité des condensateurs et un certain coefficient de self induction. Il n'est pas nécessaire que ce coefficient soit tout entier fourni par le résonateur lui-même et l'on peut, tout en prenant toujours la spire externe comme inducteur, assurer le réglage de la self d'après la capacité du condensateur en modifiant le coefficient de self induction d'une bobine accessoire faite de quelques tours de fil de cuivre (*C. R. Acad. des Sc.*, août 1902).

L'auto-conduction telle qu'elle a été définie par le professeur d'Arsonval peut être produite par les spirales de la façon suivante : Le sujet est assis entre deux spirales de manière que l'axe de son corps, depuis la tête jusqu'aux genoux, soit incurvé suivant la direction des spires les plus externes. Le courant de décharge des condensateurs parcourt la totalité des spires des

deux spirales couplées de telle façon que le sens du courant soit, à un moment donné, le même dans les deux spirales (couplage en série). Les courants induits oscillent longitudinalement de la tête aux genoux. On peut se rendre compte de l'intensité des phénomènes d'induction en plaçant entre les deux spirales une seule spire de fil de cuivre rouge renfermant une lampe de 6 à 12 volts. Cette lampe s'allume au blanc quand sa spire est distante respectivement de 25 cm. de l'une et l'autre spirale (fig. 14).

Lorsqu'on veut réduire les dimensions des résonateurs, on peut obtenir un dispositif excellent en plaçant les unes à côté des autres trois ou quatre petites spirales de 20 à 25 cm. de diamètre, en les couplant comme les galettes plates des grosses bobines et en noyant le tout dans un isolant pâteux (huile de pétrole lourde et colophane). On prend comme inducteur 4 à 8 spires de la première (*Soc. électroth. et Radiol.*, mai 1909).

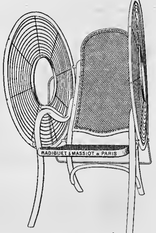


Fig. 14. — Mode de montage de deux spirales H. F. pour l'autoconduction.

§ 2. — **Éclateur de haute fréquence sur bain d'huile** (*Congrès A. F. A. S.*, Lyon, 1906 et *Arch. Élect. Méd.*, 10 octobre 1906).

On sait que le bruit éclatant de l'étincelle oscillante oblige à enfermer les pièces de rupture en vase clos.

On peut se servir de sphères de verre ou de cuves de différentes formes.

Afin : 1° de conserver la liberté du réglage d'écartement, 2° d'avoir une fermeture étanche, 3° de dissoudre autant que possible les produits nitreux donnés par la transformation de l'azote de l'air sous l'influence de l'étincelle, j'ai imaginé un dispositif dans lequel l'éclatement se fait en espace clos sur bain d'huile (fig 15).

B est une cuve de verre renversée sur le bain d'huile contenu dans le vase A.

E est un support fixe pour l'une des tiges de l'éclateur qui passe sous les bords de la cuve B et émerge de l'huile pour se terminer par la boule C.

D est un support à glissière pour l'autre tige qui glisse sous les bords de la cuve A et se termine aussi par une boule C. Au moyen de la poignée d'ébonite F on règle l'écartement des boules.

Fig. 15. — Eclateur de H. F. sur bain d'huile.

§ 3. — **Production de l'ozone par les résonateurs de H. F. en spirales**
(*C. R. Acad. des Sc.*, 29 juin 1903),

L'effluvation de H. F. produit dans l'air la transformation de l'oxygène en ozone et la transformation de l'azote inerte en azote chimique susceptible d'entrer dans les combinaisons oxygénées. Il est possible de se débarrasser des gaz nitreux et d'utiliser l'ozone produit.

J'ai placé deux spirales couplées de manière à donner l'effluvation bi-polaire en opposition de phases et écartées l'une de l'autre de manière à donner le maximum de gerbes convergentes d'effluves. Le tout est enfermé dans une caisse pneumatique à paroi de verre dans laquelle circule un courant d'air.

Ce courant d'air emporte l'ozone formé.

Si l'on veut obtenir l'ozone pur, on fait circuler dans la caisse un courant d'oxygène.

§ 4. — **Action des champs d'auto-conduction sur la pression artérielle**

On sait qu'on a beaucoup discuté sur l'efficacité ou la non efficacité des champs d'auto-conduction en vue de l'abaissement de la P. A. chez les hypertendus.

D'une cinquantaine d'observations d'hypertendus soumis à l'action du champ magnétique transversal de deux spirales couplées pour l'auto-conduction, j'ai pu tirer les conclusions suivantes. (*A. F. A. S.*, 1906 ;

Arch. Elect. Méd., 10 septembre 1906 ; *A. F. A. S.*, 1911 ; *Arch. Elect. Méd.* et *Annales Elect. Biol.*, août 1911) :

1° Quand le sujet se trouve dans un état physiologique tel que sa pression maxima et sa pression minima (données par l'oscillomètre de Pachon) sont au degré le plus élevé (suite d'exercices violents), hypertonus, toute séance d'auto-conduction est suivie d'un abaissement certain de la P. A. Mais le repos produit un effet analogue.

2° La comparaison de l'abaissement dû au seul repos et de l'abaissement dû au repos et à l'auto-conduction réunis semble établir que dans certains

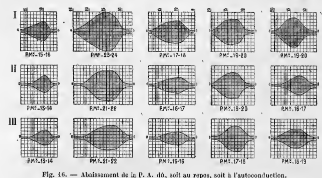


Fig. 16. — Abaissement de la P. A. dû, soit au repos, soit à l'autoconduction.

cas une action hypotensive certaine de l'auto-conduction se manifeste, mais que dans d'autres, et ce sont les plus nombreux, cette action ne se manifeste pas. Les graphiques de la fig. 16 portant sur cinq cas schématisent ces conclusions. Les graphiques I correspondent à l'hypertonus dû au travail. Les graphiques II montrent l'effet du repos seul. Les graphiques III, celui de l'auto-conduction et du repos.

Quand le sujet est pris à l'état de repos au voisinage de son état moyen de tonus, les résultats semblent inconstants. Pourtant il semble se dégager des statistiques que l'abaissement est plus fréquent que la non-action et que l'élévation est l'exception.

4° L'abaissement obtenu au cours d'une série de huit à quinze séances paraît certain dans la plupart des cas. En effet, si nous le trouvons presque

nul dans sept cas environ et insignifiant, c'est-à-dire égal à 1 centimètre, dans cinq cas, nous le trouvons appréciable, c'est-à-dire de 2 à 3 centimètres, dans vingt cas ; nous le trouvons très notable, c'est-à-dire de 4 centimètres dans sept cas et très considérable, c'est-à-dire de 5, 6 et même 7 centimètres dans sept cas.

Il est certain qu'il faut faire la part des circonstances adjuvantes. Quelquefois le malade, lorsqu'il se soumet au traitement, quitte ses occupations, change son régime et son existence, même si, antérieurement, il suivait une hygiène appropriée à son état. Parfois aussi, en même temps que le malade commence son traitement électrique, il commence à se

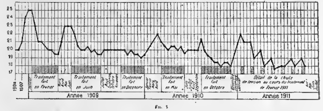


Fig. 17. — Variations de la P. A. chez un sujet suivi plusieurs années.

soigner par les moyens médicaux. Ces cas spéciaux sont évidemment les plus beaux dans les résultats ci-dessus. Mais dans les autres, et ce sont les plus nombreux, malgré toute la prudence avec laquelle j'ai fait mes moyennes, choisissant toujours les chiffres les plus défavorables, il me paraît difficile de ne pas conclure à une évolution hypotensive nette coïncidant avec la cure.

D'ailleurs il faut dans ces appréciations faire la part des variétés d'hypertension, les courants de H. F. paraissant n'agir immédiatement que sur le reflexe vaso-dilatateur.

5° L'action hypotensive, quand elle existe, est-elle durable ? Les malades que j'ai traités, à part quelques-uns, n'ont pu être suivis au cours des mois et des années suivantes. D'après les cas que j'ai pu suivre, la persistance de l'abaissement est essentiellement variable, et je crois qu'avant tout il faut faire entrer en ligne de compte l'hygiène et le régime adoptés consécutivement par le malade. La courbe de la fig. 17 montre

les variations de la pression maximale moyenne au cours de plusieurs années chez un même sujet et l'influence chez lui des périodes de traitement. Il n'est pas inutile de faire observer que chaque fois qu'un sujet se soumet au traitement, il respecte plus attentivement les prescriptions d'hygiène qui lui conviennent et cette modification d'hygiène combine ses effets à ceux de l'auto-conduction sans que l'observation clinique puisse faire la part de l'un et de l'autre.

Ces conclusions montrent ce qu'il y a d'incertain dans l'action hypotensive de l'auto-conduction et, si les statistiques les plus loyales sont favorables, si par suite le traitement doit, dans la plupart des cas, être regardé comme utile, il faut être très réservé sur la constance des liens de cause à effet entre l'action électrique et la réaction d'hypotension consécutive observée, liens que l'expérimentation biologique n'a jamais pu établir de façon certaine.

Il se peut que les bons effets observés procèdent d'un autre mécanisme et aient pour intermédiaire les modifications de la nutrition que paraissent apporter ces courants aux organismes qui les subissent.

N. B. — Au début, j'ai fait concurremment les expériences avec le grand solénoïde de d'Arsonval et avec les spirales. Les effets m'ont paru à ce moment plus marqués avec les spirales, mais je ne pourrais établir, faute de statistiques suffisantes, aucun parallèle entre les deux méthodes.

§ 5. — Triage des phases de courants de H. F. Effets statiques. Effets excito-moteurs. (*C. R. Acad. Sc.* 3 décembre et 10 décembre 1906; *Annales Elect.*, 1907; *Arch. Elec. Méd.*, 1907; *A. F. A. S.*, Reims, 1907).

Lorsqu'on emploie un résonateur avec un seul pôle d'effluvation, tel qu'un résonateur Oudin ou une spirale, et lorsqu'on fixe un conducteur métallique à ce pôle d'effluvation, tel qu'un fil de cuivre terminé par une pointe, il se fait par cette pointe une déperdition d'électricité dans l'air atmosphérique, ce qui équivaut à un courant analogue à celui que débiterait un transformateur quelconque ou une bobine d'induction dont les deux pôles seraient fermés sur une très grande résistance.

Si le conducteur fixé au pôle d'effluvation aboutit à une capacité électrique, telle qu'une sphère de cuivre isolée, cette sphère prend un potentiel + et — alternativement à chaque période de H. F. Si par exemple, la fréquence est de un million, au cours de chaque millionième de seconde la sphère passe alternativement par les deux polarités + et —. Cela signifie

que, entre le résonateur et elle, existe un courant alternatif, bien qu'il n'y ait pas de circuit fermé métalliquement.

D'ailleurs un phénomène analogue se produit dans les circuits alternatifs de basse tension interrompus par des condensateurs. Bien qu'il n'y ait pas de continuité métallique entre les deux pôles du générateur le courant se manifeste comme s'il parcourait un circuit continu.

Cela posé, il est facile de comprendre que le conducteur, qui unit le pôle du résonateur à la capacité ou à la pointe d'effluvation, est le siège

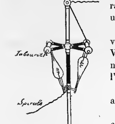
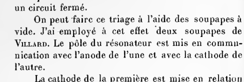


Fig. 18. — Triage des ondes de H. F. par les soupapes à vide.



d'un courant alternatif et que les phases de ce courant peuvent être sélectées et triées comme dans un circuit fermé.

On peut faire ce triage à l'aide des soupapes à vide. J'ai employé à cet effet deux soupapes de Villard. Le pôle du résonateur est mis en communication avec l'anode de l'une et avec la cathode de l'autre.

La cathode de la première est mise en relation avec une pointe ou une capacité.

L'anode de la seconde est mise en relation avec une autre pointe ou une autre capacité.

Dans ces conditions le courant se bifurque sélectivement. Si l'on emploie les pointes, entre ces deux pointes se produit un souffle statique de polarité constante. Si l'on emploie les capacités, chaque sphère se charge durant chaque train d'onde de H. F. à un potentiel statique de polarité inverse.

La figure 18 fait voir le dispositif employé pour produire les effets de la machine électrostatique. Deux collecteurs reçoivent les ondes triées. L'un d'eux peut être mis en relation avec le tabouret à pieds de verre, l'autre avec une pointe effluvante.

Il est facile avec ce dispositif de vérifier tous les effets des machines électro-statiques :

1° Charges de noms contraires sur les collecteurs vérifiées au moyen du pendule électrique ;

2° Charges des armatures de bouteilles de Leyde vérifiées par les effets de la décharge ;

3° Existence d'un courant de sens déterminé, dans les conducteurs, vérifiée par un milliampéremètre à aimant permanent ;

4° Enfin, on peut avec ce même dispositif obtenir des effets identiques à ceux des courants dits courants de Morton. Les charges apportées aux capacités par chaque train d'onde sont susceptibles en effet de provoquer la contraction musculaire comme les courants de décharge des condensateurs.

CHAPITRE V

ANALYSE DES TRAVAUX RELATIFS AUX RADIATIONS. — RAYONS X. — RAYONS DES CORPS RADIO-ACTIFS. — RADIATIONS DIVERSES

Section I. — Radiations. Partie physique. Optique physique

§ 1. — **Analyse du rayonnement X** (*Arch. Electr. méd.,* 10 juin 1908, 10 janvier 1909, *C. R. Acad. Sc.,* 1908, ssq. *Radiométrie fluorosc.,* 1910. *Soc. de Radiol. méd. de France,* 1909-1913. *Acad. de méd.,* 27 mai, 14 octobre 1919, etc.).

J'ai analysé le rayonnement X par l'étude de sa courbe de transmission à travers des filtres d'aluminium d'épaisseur croissante.

Le dosage a été fait soit par le procédé radiographique, soit par le procédé fluoroscopique (décrits plus loin) et à l'aide d'une unité conventionnelle (définie p. 66).

On mesure le rayonnement d'abord tel qu'il sort du tube à vide, puis en interposant 1, 2, 3... 10... 20... 30 mm. d'aluminium.

Avec les chiffres obtenus, on construit une courbe en prenant pour abscisses les épaisseurs d'aluminium et pour ordonnées les intensités.

J'ai construit les courbes de transmission des faisceaux X du 3 au 8 Benoist obtenus par les deux procédés de mesure radioscopique et radiographique.

La fig. 19 montre ces courbes jusqu'au 4[me] millimètre. Elles ont dans leur allure générale une forme exponentielle, mais ne sont pas des expo-

nentielles. J'ai figuré sur le même graphique (fig. 19) des exponentielles pures de différents degrés de pénétration pour montrer leurs différences de marche.

Cela posé je me suis efforcé de réduire par l'analyse les courbes expérimentales réelles à une somme d'exponentielles, autrement dit à donner l'expression des courbes réelles en fonction d'exponentielles convenablement choisies. Cette expression d'ailleurs correspond bien à la réalité, car tout faisceau X est réductible à une somme de faisceaux monochromatiques comme la lumière blanche est réductible à la somme des faisceaux monochromatiques du spectre..

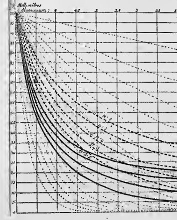


Fig. 19. — Courbes de transmission des faisceaux X : En pointillés gras : courbes fluoroscopiques ; En traits pleins courbes radiographiques.

Or quand un faisceau monochromatique homogène traverse des couches de 1 mm., 2 mm., 3 mm..., de matière homogène, il s'y amortit suivant une loi exponentielle. En effet si la première lame de 1 mm. transmet la moitié de l'énergie du faisceau, la deuxième lame de 1 mm. transmet la moitié de la moitié ou le 1/4, la troisième la moitié du 1/8 ou le 1/8, et ainsi de suite. Autrement dit si le coefficient de transmission est 0,5 à travers 1 mm., le coefficient de transmission à travers 2, 3, 4 mm., est $0{,}5^2$, $0{,}5^3$, $0{,}5^4$..., ou en général si K est le coefficient fractionnaire de transmission à travers 1 mm. K^l sera le coefficient de transmission à travers l'épaisseur l exprimée en millimètres.

Si l'intensité initiale est I_o, l'intensité I_l à la profondeur l sera

$$I_l = I_o K^l.$$

On exprime plus généralement cette valeur de I_l sous la forme

$$I_l = I_o e^{-\frac{l}{\lambda}}$$

qui est plus conforme aux habitudes mathématiques, mais moins accessible aux médecins non familiarisés avec le langage des mathématiques supérieures. Pour passer de la première formule à la seconde, il suffit d'ailleurs de poser $K = e^{-\frac{1}{\lambda}}$, λ étant l'épaisseur d'Al. nécessaire pour réduire le rayonnement à $1/e$ de sa valeur.

Le problème que je me suis posé consiste donc à exprimer la courbe de transmission d'un faisceau quelconque en fonction d'une série de courbes répondant à la formule exponentielle. J'y suis arrivé par tâtonnements et en sériant les résultats pour les rayons de dureté croissante (numéros de Benoist 3 à 8).

Comme il est impossible de faire figurer dans la formule analytique d'un faisceau complexe tous les faisceaux simples qui le constituent, faisceaux simples qui sont en nombre illimité, le calcul doit se borner à poser une formule approchée. L'approximation est largement suffisante pour les besoins de l'expérimentation en exprimant chaque faisceau complexe en fonction de 10 faisceaux simples égaux.

Voici quelques-uns des résultats de l'analyse auxquels je suis arrivé, les résultats complets se trouvant consignés daus mon ouvrage « *Radiométrie fluoroscopique* ».

NUMÉRO B DU FAISCEAU COMPLEXE	COMPOSANTES MONOCHROMATIQUES EXPRIMÉES PAR LEUR COEFFICIENT DE PÉNÉTRATION K A TRAVERS 1 m/m D'ALUMINIUM									
3	0.20	0.21	0.23	0.24	0.28	0.33	0.40	0.51	0.63	0.72
4	0.22	0.23	0.25	0.29	0.36	0.45	0.54	0.65	0.73	0.78
5	0.24	0.27	0.30	0.37	0.46	0.57	0 67	0.75	0.80	0.82
5-6	0.26	0.30	0.35	0.42	0.53	0.64	0.75	0.81	0.84	0.85
6	0.28	0.32	0.38	0.45	0.56	0.67	0.78	0.83	0.86	0.87
7	0.32	0.37	0.43	0 52	0.62	0.74	0.84	0.87	0.89	0.90
8	0.35	0.40	0.47	0.55	0.65	0.77	0.86	0.89	0.90	0.91

§ 2. — Calcul du Coefficient d'absorption d'un faisceau X ordinaire

(Mêmes travaux que § 1er et *Acad. Méd.* et *Soc. Radiol.*, 1918).

L'analyse ci-dessus permettant d'exprimer un faisceau X quelconque par ses composantes types donne la quantité transmise à travers un filtre d'aluminium d'épaisseur l par la formule

$$I_l = I_o \, {}^1/_{10} \, (K^l_1 + K^l_2 + K^l_3 ..... + K^l_{10})$$

K_1 K_2 K_3..... étant respectivement les coefficients de transmission propres à chaque monochromatique composante.

De cette formule, il est facile de déduire le coefficient d'absorption du faisceau complexe à l'origine ou à une profondeur quelconque.

En effet, l'absorbabilité d'un faisceau est l'inverse de sa force de pénétration. Si l'on adopte le système de notation $I_l = I_o e^{-\frac{l}{\lambda}}$, c'est λ qui exprime la force de pénétration et $1/\lambda$ qui exprime l'absorbabilité. Si l'on adopte le système de notation $I_l = I_o K^l$, c'est K qui exprime la force de pénétration et $\log K/\log e$ ou $2.302 \log K$ qui exprime l'absorbabilité.

Le coefficient d'absorption à une profondeur quelconque ou amortissement d'un faisceau monochromatique dI/dl pour $I_o = 1$ est ainsi, à une profondeur l, égale à $\frac{\log K}{\log e} K^l$

Pour présenter cette notion sous un aspect plus concret, j'ai pris l'intensité initiale égale à 100 unités et j'ai rapporté la mesure de l'absorbabilité au 1/10 de millimètre d'aluminium. J'ai appelé taux d'absorbabilité T le nombre ainsi défini par la formule

$$T = \frac{1}{10} I_o K^l \frac{\log K}{\log e}$$

Ainsi, le faisceau monochromatique qui transmet 46 % de son intensité à travers 1 mm. d'aluminium a pour caractéristique :

K — (coeff. de pénétration) = 0.46
ε — (coeff. d'absorbabilité, c. à d. $1/\lambda$ ou $2.302 \log K$) = 0.7765
T — Taux d'absorbabilité du faisceau de 100 unités
à l'incidence = 7.76
à 5 mm. de profondeur = 0.16
etc...

Cela posé, le coefficient d'absorbabilité d'un faisceau complexe, constitué par la somme des composantes types de coefficient de transmission K_1 K_2 K_3..... K_{10} est, à l'incidence, la moyenne

$$\frac{\log K_1 + \log K_2 + \log K_3 ..... + \log K_{10}}{10 \log e}$$

c'est la vraie expression de la qualité du faisceau.

Quant au taux d'absorption di-millimétrique à une profondeur l, (c'est-à-dire dose absorbée à cette profondeur rapportée à une couche de

1/10 de millimètre d'épaisseur) quand le faisceau incident est de 100 unités, il est donné par la formule :

$$\frac{K'_1 \log K_1 + K'_2 \log K_2 + K'_3 \log K_3 \ldots + K'_{10} \log K_{10}}{\log e}$$

La notion du taux d'absorption est capitale, car c'est uniquement des doses absorbées que dépendent les effets bio-chimiques observés dans les tissus vivants. *Acad. Méd.*, 1919, 14 octobre.

§ 3. — **Méthode expérimentale pour l'analyse des rayons X.** *Acad. Sc.* 1907, ssq. *Soc. Biol.* 1908 ssq. *Soc. Radiol.* 1909 ssq. *Arch. Elect. méd.* 1905, 1907 ssq. *A. F. A. S.* 1907 ssq. et « *Radiométrie fluoroscopique* ».

Les travaux résumés sous le § 1er montrent que, partant de la courbe de transmission d'un faisceau, il est possible de l'analyser complètement, de le réduire à ses composantes exponentielles et de connaître par suite sa force de pénétration moyenne et son coefficient d'absorption moyen aux différentes profondeurs.

La partie essentielle de cette analyse au point de vue expérimental est donc la détermination de la courbe de transmission de chaque faisceau étudié.

Je résumerai successivement le mode opératoire que j'ai employé pour établir la courbe fluoroscopique, puis la courbe radiographique de chaque faisceau.

A) *Analyseur radioscopique*

Au fond d'une chambre noire binoculaire (fig. 20) est placé un petit écran de platinocyanure de baryum E.

Un volet V en plomb mobile autour des charnières L L' amène contre cet écran : 1° un orifice H en regard duquel viennent prendre place les orifices G G' G" munis de lames d'épaisseur croissante de la substance choisie comme filtre et à travers laquelle va s'amortir le rayonnement X. Ces orifices sont d'ailleurs pourvus de pas de vis qui permettent de substituer les substances étudiées les unes aux autres (Aluminium, métaux divers, substances organiques placées dans des tubes, etc...); 2° un disque de radium étalon R de puissance déterminée et placé à une distance déterminée de l'écran quand le volet est fermé.

Au repos, on laisse le volet ouvert pour éviter le brunissement du platinocyanure par le radium. Durant les mesures, le verrou N fixe le volet. S est un ruban métrique à ressort dont l'extrémité se fixe de telle

façon que le 0 corresponde au centre de l'anticathode quand on s'éloigne du tube à rayons X perpendiculairement à son axe.

L'analyseur est suspendu à une tige fixée à un chariot roulant sur un rail plafonnier.

On vise le tube par l'orifice H vide, on s'éloigne jusqu'à ce qu'on ait

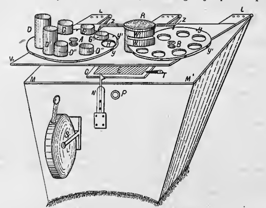
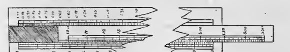


Fig. 20. — Analyseur fluoroscopique.

l'équivalence de la plage luminescente H éclairée par le faisceau X et de la plage R éclairée par le radium. On note la distance à l'aide du ruban métrique.

On fait passer les filtres successifs G G' G''... on note chaque fois les distances où l'on a l'égalité de luminosité.


Fig. 21. — Règle à calcul fluorométrique.

Une règle à calcul donne les fractions transmises (application de la loi des carrés) (fig. 21).

J'ai d'ailleurs fait les mêmes mesures en plaçant les filtres contre le tube à rayons X et non contre l'analyseur.

B) *Analyse radiographique*

Le tube est placé au-dessus d'un analyseur composé d'une carcasse de plomb percée de trous équidistants du centre et où prennent place les lames d'épaisseurs croissantes d'aluminium, c'est en somme un radiochromomètre de Benoist dont les secteurs sont isolés par du plomb pour éviter la diffusion des R. S. d'un secteur vers l'autre (fig. 22).



Fig. 22. — Analyseur radiographique.

Une plaque sensible est placée en dessous, le rayon normal tombe sur le centre de la plaque de plomb de manière que tous les filtres soient également irradiés.

Une échelle de poses est faite autour du cercle analyseur soit avec le même rayonnement X, soit avec un disque de radium (poses croissantes).

On compare à l'aide d'un comparateur à double lunette les plages de l'analyseur et celles de l'échelle et l'on prend entre un certain maximum et un certain minimum les temps de pose comme l'expression des intensités émergentes de l'analyseur.

§ 4. — Quantitométrie et définition d'une unité fluoroscopique

Acad. Sc., A. F. A. S., Arch. Élect. méd., 1907, ssq.

Pour utiliser l'analyseur fluoroscopique comme appareil quantitométrique, il suffit de définir une unité de rayonnement.

J'ai choisi d'abord comme unité d'intensité de rayonnement l'intensité du rayonnement n° 6 B donnant à un écran de platinocyanure, monté sur bristol mince, la même luminosité que 2 cgr. de bromure de radium d'activité 500.000 étalé sur un disque de 1 cm. 1/4 de diamètre (appareil à vernis) et placé à 1 cm. derrière l'écran.

Comme l'épaisseur du bristol et divers autres facteurs entrent en jeu pour définir l'intensité de la luminescence, j'ai rattaché au système CGS l'unité choisie et légèrement modifiée par l'intermédiaire d'une réaction chimique.

L'unité $\mathscr{M}$ (unité médicale) d'intensité de rayonnement est l'intensité

du rayonnement n° 6 qui, tombant normalement sur la face supérieure d'un cube de 1 cm. de côté renfermant une solution chloroformique d'iodoforme à 2 0/0 de Freund-Bordier, libère, en 1 seconde, 1 gr. $\times 10^{-8}$ d'iode.

L'unité $\mathcal{M}$ d'intensité agissant pendant l'unité de temps médicale qui est la minute donne l'unité M de quantité qui vaut en n° 6 B environ le 125ᵉ de l'unité H de Holzknecht et le 166ᵉ de l'unité I de Bordier-Galimard *A. F. A. S.*, Reims, 1907, *C. R. Acad des Sc.*, 1907).

§ 5. — Différents travaux procédant de la connaissance analytique des faisceaux X.

Grâce à la résolution des faisceaux X couramment employés en leurs composantes à courbe exponentielle, il m'a été possible d'expliquer rationnellement une série de faits d'observation courante tels que :

la différence d'aspect des courbes de transmission fluoroscopiques et radiographiques indiquée par la figure 19 (*Arch. d'Élect. méd.*, 10 janvier 1909),

les écarts d'indications données par le radiochromomètre de Benoist en radioscopie et en radiographie à cause du faible radiochroïsme de l'argent (fig. 23),

les différences de contraste données par les rayonnements de différentes qualités, etc...,

et enfin les différences d'actions biologiques des rayonnements suivant leur composition, chapitre très important de mes travaux personnels qui fera l'objet de la Section II.

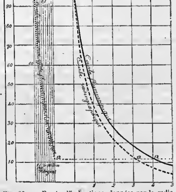


Fig 23. — Ecarts d'indications données par le radiochromemètre en radioscopie et en radiographie.

D'autre part, cette analyse est l'opération préliminaire indispensable à l'étude de la filtration des rayons X par les substances radiochroïques.

§ 6. — **Effets des filtres d'aluminium sur la qualité du rayonnement X.** *C. R. Acad. des Sc.*, 21 décembre 1908, 18 janvier 1909 ssq. *Soc. Radiol.*, 12 janvier 1909, avril. mai, juin, décembre 1909. *Annales Électrobiol.*, *Arch. d'Élect. méd.*, *Journal de Radiologie et Électrologie*.

L'étude des filtres a été l'une des questions les plus importantes dont j'ai poursuivi la solution durant plusieurs années. Je ne peux donner ici de ces travaux qu'un résumé succinct.

J'ai montré que pour connaître la valeur filtrante d'un filtre, il faut :

1° Construire la courbe de pénétration de quelques faisceaux X à travers des épaisseurs croissantes de la substance qui le compose.

2° Calculer le durcissement imposé au faisceau par l'accroissement du coefficient K moy. (fraction transmise à travers 1 mm. d'Al.) de profondeur en profondeur, ce qui donne une idée de la valeur du filtre quand on connaît l'hétérogénéité moyenne du faisceau, facteur que j'ai défini par ailleurs.

3° Plus précisément, résoudre la courbe obtenue en ses composantes exponentielles et comparer par les exponentielles supérieures et inférieures les écarts du coefficient K par rapport au coefficient K de l'aluminium.

J'ai d'autre part donné un tableau indiquant l'effet de chaque filtre sur les différents faisceaux couramment employés du 4 au 8 Benoist (*Soc. Rad.*, 1909). Ainsi un faisceau n° 5 Benoist dont le coefficient K moy. de transmission à travers 1 mm. d'Al. est environ 0.50 possède à son émergence un coefficient K moy. = 0.60 environ. 100 M de n° 5-6 (K moy. = 0.575) transmettent 57^{M}5 au-delà d'un filtre de 1 mm. avec K moy. 0.66; 27^{M}3 au-delà d'un filtre de 3 mm. avec K moy. = 0.758; 16^{M}2 au-delà d'un filtre de 5 mm. avec K moy. = 0.795 et ainsi de suite.

Ce tableau a été publié dans les bulletins de la *Soc. de Radiol. Médicale de Paris*, en juin 1909.

J'ai montré que les faisceaux de plus en plus filtrés se rapprochent de plus en plus par leur K moy. et par leur coefficient d'absorbabilité moyen du K et du log K/log *e* vrai de leurs monochromatiques composantes supérieures.

J'ai insisté sur ce fait que l'on ne pouvait aborder le problème de la spécificité d'actions des divers faisceaux X sur les tissus animaux et végétaux qu'après avoir résolu d'une façon précise le problème physique des doses absorbées par les cellules intéressées (*Soc. Rad.*, 8 juillet 1913, *Acad. Méd.*, 1919). C'est par la filtration qu'on arrive à avoir des faisceaux

à peu près homogènes et dont les taux d'absorption se répartissent sur une grande échelle.

Pour éviter les effets de condensation dus aux filtres d'aluminium placés devant l'ampoule, j'ai proposé l'emploi d'un filtre en verre tenant en dissolution du fluorure d'aluminium et se présentant sous un aspect voisin de l'opaline. Son radiochroïsme est égal à celui de l'aluminium.

§ 7. — **Etude de la diffusion des rayons X par les corps de faible poids atomique** (*C. R. Acad. Sc.*, 6 mars, 20 mars, 24 avril 1911, 6 juillet 1914; *Soc. Radiol.*, 1911, ssq.; *Congrès A. F. A. S.*, 1914; *Journal de Radiol.*, 1914, etc.).

On sait que les rayons X qui rencontrent la matière donnent lieu à un rayonnement secondaire (rayonnement de Sagnac) très variable suivant la nature de la matière irradiée.

J'ai laissé de côté le rayonnement propre des métaux à poids atomiques élevés et me suis surtout attaché à l'étude des rayons émis en tous sens par l'aluminium et les corps organiques.

J'ai employé les deux méthodes d'analyse radioscopique et radiographique.

A) *Méthode radiographique*. — Le tube A, déjà protégé par une enveloppe de verre au plomb B, est placé (fig. 24) au-dessus d'un diaphragme de plomb P de 4 cm. d'épaisseur, limitant un cône de rayons X, CAD. En E est la plaque ou le papier radiographique, protégé en dessous par une planche de plomb P' ouverte en O et présentant une couronne F F' où prennent place des secteurs d'aluminium de 0 mill. à 5 mill. formant analyseur. Au niveau de cette couronne, le réactif photographique ne reçoit donc que les RS envoyés par la lame irradiée H placée à 7 cm. en dessous.

Fig. 24. — Analyse radiographique du rayonnement secondaire.

Une échelle conventionnelle est faite sur le même réactif à l'aide d'un échantillon de radium, de manière à doser les teintes de la couronne. Cette échelle, dans mes expériences, a été graduée en millièmes de l'unité M que j'emploie ordinairement.

B) *Méthode fluoroscopique.* — La figure 25 montre le dispositif employé : L est un orifice par où les RS de la lame irradiée H viennent frapper l'écran de platino cyanure de baryum E, et y déterminent un disque fluorescent. En F est une lame portant des filtres d'al. de 1, 2, 3 mill. qu'on peut à volonté passer devant l'orifice L. Un étalon de radium R glisse dans le tube de plomb P'. La tige porte-radium T est graduée en unités d'éclat de la plage de E correspondante. Cette graduation a été faite préalablement à l'aide d'un rayonnement X constant et exprimée en millièmes d'unités M. K est une chambre noire.

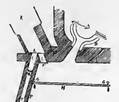


Fig. 25. — Analyse fluoroscopique du rayonnement secondaire.

L'analyse des résultats obtenus montre :

1° Que si l'on emploie un rayonnement X monochromatique de coefficient de pénétration K les RS émis ont le même coefficient K.

2° Que si l'on prend des lames diffusantes de 1, 2, 3... millimètres d'épaisseur, la quantité de RS émis du côté de l'incidence est donnée par la formule :

$$\Sigma RS = zI_0 \frac{1 - K^{2l}}{2}$$

dans laquelle I_0 est l'intensité des rayons X incidents, K leur coefficient de pénétration et z un coefficient propre à la substance étudiée.

On peut, en prenant la notation habituelle à la physique mathématique, écrire :

$$\Sigma RS = zI_0 \frac{1 - e^{-\frac{2l}{\lambda}}}{2}$$

3° Que le coefficient z, qu'on peut regarder comme le coefficient de diffusion propre à chaque substance, paraît être le même pour les monochromatiques de diverses qualités, c'est-à-dire de coefficients K variés (*C. R.*, 20 mars 1911).

4° Quand on prend des faisceaux composites, la formule devient :

$$\Sigma RS = zI_0 \frac{1 - \varphi_{2l}}{2}$$

dans laquelle φ_{2l} représente la fraction du rayonnement primaire transmise par une lame double de l.

De ces notions établies par l'expérience et le calcul, j'ai tiré des conclusions pratiques sur la question du voile en radiographie et les moyen de l'éviter (*A. F. A. S.*, 1914 et *Journal d'Électrologie et Radiologie*).

§ 8. — Mesure de l'acuité des tubes à rayons X

J'ai indiqué un procédé simple pour évaluer la finesse du point d'impact du faisceau cathodique dans les tubes à vide.

Un tube de plomb de 50 centimètres de long porte de 5 en 5 cm. des échelons métalliques dont l'épaisseur est croissante de manière qu'un écran ou une plaque photographique placé à un bout donne les images juxtaposées des échelons égales et équidistantes quand le foyer est placé à 80 centimètres et quand ce foyer est supposé rigoureusement ponctiforme.

Quand le foyer n'est pas ponctiforme, on aperçoit nettement les échelons les plus rapprochés de la plaque, tandis que les autres sont vus de moins en moins nettement à mesure qu'ils en sont plus éloignés.

Le nombre des échelons visibles peut être pris pour mesure de l'acuité (*Réunion Radiologique GMP*, août 1918).

§ 9. — Etude physique des rayons du radium au point de vue de leur coefficient de pénétration et d'absorbabilité dans les substances homogènes et les tissus organiques (*C. R. Acad. Sc.*, 7 février 1910. *Soc. Radiol.*, 1910 ssq.).

Toutes les fois que l'on veut comparer l'efficacité de deux radiations différentes comme génératrices d'effets biologiques, il faut rapporter les effets produits aux doses d'énergie radiante fixées par chaque élément cellulaire ou, ce qui revient au même, aux produits des doses incidentes frappant cet élément, multipliées par la pente d'absorbabilité ou coefficient d'absorbabilité dans la matière radio-sensible.

Pour comparer les effets des rayonnements α, β, γ, et X un travail préliminaire s'imposait donc, c'est la définition des pentes d'absorbabilité de ces rayonnements.

J'ai étudié à ce point de vue le radium au moyen du dispositif de la figure 20. On voit en W W' deux glissières qui permettent d'introduire des disques de substances variées et d'épaisseur croissante devant le sel de radium avec ou sans filtration préalable.

Ici c'est un rayonnement X constant qui sert d'étalon. J'ai étudié par ce procédé l'aluminium, la paraffine, la gélatine et diverses substances organiques.

Ce sont les résultats de ces mesures qui m'ont permis d'énoncer la grande loi biologique de la proportionnalité des effets biologiques et des doses fixées pour les rayons X de qualité variée et les rayons γ et même β du radium (V. plus loin).

Section II. — Radiations. — Partie technique

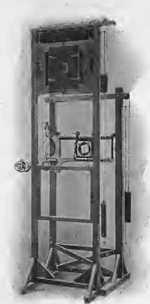


Fig. 26
Chassis porto-tube et orthodiagraphe.

§ 1er. — Technique des examens radioscopiques. Mobilité de l'ampoule à rayons X (*Arch. Élect. med.*, mai, août 1899, ssq. *A. F. A. S.* 1899, 1900... 1911. *Congrès d'Électrol. et Radiol.*, 1900).

Dès le début de mes travaux au laboratoire du professeur Bouchard à la Charité, je me suis occupé de modifier l'appareillage pour les examens médicaux; la première modification a consisté, pour l'examen du thorax, à rendre le tube de Crookes mobilisable au gré de l'opérateur, pour permettre d'examiner le sujet sous toutes les indicences. Grâce à un système de deux cadres glissant l'un dans l'autre dans un plan vertical, j'ai rendu le tube mobilisable par le jeu de deux cordons de tirage.

Ce système a été le premier en date, nous avons été seuls à l'employer pendant une année, 1898-1899. Depuis, son emploi est devenu assez général. La figure 26 le fait voir tel qu'il est construit aujourd'hui par M. Massiot. Il a été adopté dès 1899 par M. Beclère qui y a adjoint un diaphragme à ouverture réglable. Les différents constructeurs lui ont plus plus tard fait subir diverses modifications.

Ce dispositif a permis, en outre, de préciser le mode d'irradiation d'une région, car :

1° Le châssis vertical détermine un plan d'examen ;

2° Une croisée de fils placée devant l'anticathode permet de définir le rayon normal à ce plan.

Je crois avoir été le premier aussi à employer le rayon normal. Je m'en suis servi notamment pour l'irradiation symétrique des deux côtés du thorax, les mensurations d'organes et leur projection.

C'est là le principe de l'orthodiagraphie ou orthodiascopie.

§ 2. — **Orthodiascopie** (Même bibliographie)

J'ai construit mon premier orthodiagraphe muni d'un style inscripteur en 1900, au moment où, de son côté, en Allemagne, le professeur Moritz arrivait à un résultat analogue par un dispositif différent sur table horizontale. Depuis 1901, l'orthodiagraphie a conquis droit de cité en médecine et les appareils se sont multipliés surtout en Allemagne et en France.

Les premières mensurations du cœur obtenues avec mon orthodiagraphe ont été faites par MM. Bouchard et Balthazard. Chez 49 sujets normaux ils ont trouvé une moyenne de 81 cm. 1/2 (89 1/2 pour l'homme, 76 pour la femme). J'ai fait moi-même avec le docteur Chiron des mensurations en particulier chez des tuberculeux guéris. Ces résultats, consignés dans la thèse de Chiron, semblent indiquer que l'aire du cœur, ordinairement diminuée chez les tuberculeux au début, ou chez les prétuberculeux (Bouchard et Balthazard), serait augmentée chez les tuberculeux guéris (*C. R. Acad. Sc.*, 20 mars 1905 ; Thèse de Chiron, 1905; *Rapport au Congrès de Liège*, 1905 et *Journal de la Tuberculose*, juin 1905). J'ai fait faire des feuilles centimétriques spéciales pour les graphiques du cœur, avec indications des rapports de l'aire trouvée à la taille, au poids, à la surface du thorax, et au poids de l'albumine fixe évaluée suivant la méthode du professeur Bouchard.

Un modèle de mon orthodiagraphe très amélioré dans son mécanisme a été présenté au Congrès de l'*A. F. A. S.*, Dijon 1911, par M. Massiot.

§ 3. — **Technique de la radiographie**

J'ai employé le même système pour les examens horizontaux. Dès la fin de 1898, nous nous servions au laboratoire de la Charité d'un lit à ampoule mobile dans un plan horizontal.

La position horizontale convient surtout à la radiographie et il est

possible dans cette position de définir exactement l'incidence sous laquelle on a opéré.

Après plusieurs ébauches d'appareils imparfaits, j'ai communiqué, le 15 avril 1900, aux *Archives d'Electricité médicale*, sous le nom de radiogoniomètre, un appareil permettant de définir exactement sur un plan quelconque la direction normale ou oblique d'un rayon.

Cet appareil, combiné avec la croisée de fils mobile devant l'ampoule, complète le matériel nécessaire à la définition des clichés toutes les fois qu'on a besoin de la précision géométrique. Il se compose de deux goniomètres placés dans des plans perpendiculaires, l'un longitudinal (parallèle à l'axe du lit sur lequel on opère), l'autre transversal (fig. 27). Une aiguille que l'on dirige vers l'anticathode indique, par sa projection ponctiforme sur un petit écran de platino-cyanure, quand elle est bien dans l'axe du faisceau. Cette aiguille entraîne dans son inclinaison les deux goniomètres de telle sorte que tout angle d'inclinaison peut être ramené à la somme de deux angles, mesurés, l'un dans le plan transversal, l'autre dans le plan longitudinal.

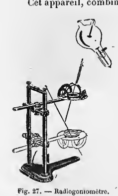


Fig. 27. — Radiogoniomètre.

J'ai indiqué le moyen de définir exactement dans l'espace la position du tube de Crookes par rapport au sujet et à la plaque photographique. J'ai proposé pour repérer le rayon incident normal ou un rayon oblique quelconque sur le corps, de définir un point arbitrairement choisi sur les téguments par son ordonnée et son abscisse sur un axe conventionnel propre à chaque région. Ce mode de définition est surtout utile lorsqu'on opère dans des zones dépourvues de saillies osseuses ou de repères anatomiques. Cette technique permet en particulier de reprendre une série de radiographies toujours dans les mêmes conditions opératoires et de faire de la radiographie comparée chez des sujets différents.

J'ai résumé ces travaux dans un petit ouvrage spécial (*Radioscopie et Radiographie cliniques de précision*, 1900).

Dans ce même ouvrage, j'ai exposé un procédé simple pour arriver à repérer la position d'un corps étranger radioscopiquement au moyen d'un compas à deux branches fixé sur le côté du lit radiographique.

§ 4. — **Posologie radiographique. — Emploi des écrans renforçateurs et obtention des bons contrastes.** (*C. R. Acad. Sc.*, 13 juin 1910, *Soc. Radiol.*, juin 1910 ssq.)

Dans un cliché, il y a des parties claires peu impressionnées et des parties sombres plus impressionnées. Le but à atteindre est d'avoir des détails dans les deux. Or, ce qui fait les détails, c'est l'opposition entre la teinte donnée par un élément silhouettique et l'élément voisin. Supposons, par exemple, que dans un clair du cliché, derrière un os, un rayonnement de cinq unités M donne ici une quantité émergente $Q = 0^m079$ et là, une quantité $Q_1 = 0^m063$; ce qui fera le contraste entre les deux éléments silhouettiques, c'est le rapport des doses 0^m063 et 0^m079. Or le rapport $\frac{0.063}{0.079}$, ou en général $\frac{Q_1}{Q}$, reste le même, si l'on fait varier la dose incidente; mais suivant la valeur absolue de Q, ce rapport constant sera plus ou moins bien utilisé : si elle est trop faible, l'opposition n'apparaît pas, il y a insuffisance de pose; si elle est trop forte, l'opposition disparaît, les noirs sont brûlés, il peut même se produire inversion du contraste, phénomène étudié en particulier par Chanoz.

Il s'agit donc de déterminer la dose incidente capable de faire utiliser au mieux (pour une région donnée, un rayonnement donné et une plaque déterminée) un facteur de contraste $\frac{Q_1}{Q}$ arbitraire et constant, pour avoir une bonne opposition dans les clairs et dans les noirs. On peut déterminer cette dose une fois pour toutes par le procédé suivant :

I. — Faire une échelle de contrastes sur le cliché. — J'ai choisi arbitrairement $\frac{Q_1}{Q} = 0{,}794$ ou $\sqrt[10]{0{,}1}$. On fait une échelle avec trente valeurs de Q variant de 0^M01 à 10^M, de manière à avoir la série $Q = 10^M$, $Q_1 = 7^M943$, $Q_2 = 6^M310_1$,..... $Q_{10} = 1^M$, $Q_{11} = 0^M794$....., $Q_{20} = 0^M10$, $Q_{30} = 0^M01$. Pour cela on protège la plaque par des feuilles de plomb à l'exception d'une bande rectangulaire de 9 cm. × 3 cm. Le tube est placé à 70 cm. au-dessus ; à cette distance il donne une impression pratiquement uniforme dans toute la bande. Un disque de plomb de 15 cm. de rayon tourne au-dessus de la bande et tout près d'elle, ayant l'un de ses rayons parallèle au grand axe de la bande. Ce disque présente dix anneaux concentriques de 8 mm. de large. Le plus excentrique est réduit à 74°,05 ; le reste est évidé; le deuxième à 132°,84; le troisième à 179°,57, etc.; le

dixième à 324°. La bande recevra ainsi l'irradiation pendant des temps variables sous chaque anneau. Si l'on prend la précaution de laisser 1 cm. vide au-delà du premier anneau, ce centimètre recevra l'irradiation totale, la zone suivante recevra $\frac{360° - 74°,05}{360}$ où 90,74 de cette irradiation totale, la troisième 0,631, etc.; la onzième 0,100 (fig. 28). On fait trois bandes successives avec des doses totales de 10^M, 1^M, 0^M10. On prend la silhouette du radiochromomètre de Benoist sur un autre point du cliché, on développe, on fixe.

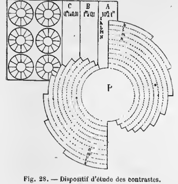


Fig. 28. — Dispositif d'étude des contrastes.

On regarde alors entre quelles limites les contrastes sont bons dans l'échelle obtenue. Avec les plaques Jougla et pour du n° 8-9, les contrastes sont très bons entre 0^M30 et 3^M, bons entre 0^M15 et 4^M, passables jusqu'à 0^M40 en bas et 10^M en haut. Pour du n° 5-6, ils sont bons entre 0^M10 et 3^M environ. Pour du n° 4 entre 0^M06 et $1^M1/2$.

II. Mesurer la fraction de rayonnement transmise par les parties les plus transparentes et les plus opaques de la région radiographiée. — La deuxième manipulation consiste à déterminer quelle est la fraction de rayonnement transmise par une région, soit dans les clairs, soit dans les noirs. Rien de plus simple à l'aide du procédé fluorométrique : on détermine l'équivalence du tube à vide, puis derrière la région; la règle à calculs qualitométrique de mon dispositif donne immédiatement la fraction transmise. On réduit au besoin la plaque étalon du fluoromètre de sa valeur normale à 0^M25, 0^M10 ou 0^M025 en tournant le disque porte-filtres. On trouvera par exemple, pour un bras de 9 cm. d'épaisseur, une fraction transmise de 0,15 à 0,17 derrière les parties molles; 0,05 derrière l'humérus (rayons n° 6). Or, pour avoir au moins 0^M30 de rayonnement émergent dans les parties claires et au plus 3^M dans les parties sombres, il faut une dose incidente comprise entre $0^M30 \times \frac{1}{0,05} = 6^M$ et

$3^{M} \times \frac{1}{0,16} = 18^{M}$. C'est donc entre 6^{M} et 18^{M} de dose incidente que nous devons opérer et le mieux est de se tenir à égale distance du maximum et du minimum vers 10^{M} à 13^{M}. On trouverait de même que pour une région de 15 cm. d'épaisseur, une dose de 15^{M} à 20^{M} est la dose optima; pour un thorax de 20 cm.; 20^{M} dans la zone pulmonaire, 25^{M} dans la zone médiastinale et ainsi de suite.

Conclusions. — On se trouvera toujours dans les conditions de bons contrastes si l'on emploie une dose incidente de n° 6 égale à autant d'unités M qu'il y a de centimètres d'épaisseur. On augmentera un peu la dose pour les régions où le muscle domine (régions de la cuisse, du bras, etc.) ou en général pour les régions à grande opacité centimétrique moyenne. Il y a longtemps que j'ai formulé cette règle empirique. On vient d'en voir la raison.

J'ai fait les mêmes expériences avec l'écran renforçateur de Gehler et les plaques Jougla. Les zones de bons contrastes sont transposées vers les doses faibles de l'échelle de telle sorte que, pour du n° 9, elles s'étendent entre un maximum et un minimum trente fois plus faibles que sans écran; pour du n° 7-8, les doses sont vingt fois plus faibles; pour du n° 5-6, quinze fois; pour du n° 4, dix fois.

Les mesures faites avec les écrans renforçateurs m'ont démontré qu'au point de vue du rendement luminescent vis-à-vis des rayons X de différentes qualités, ces écrans se comportent à peu près comme l'écran au platino-cyanure. Le rendement en rayons luminescents croît légèrement du bas au haut de la gamme, tandis que l'action radiographique directe baisse légèrement.

Le pouvoir actinique, le pouvoir radiographique de cet écran croît donc légèrement du bas au haut de la gamme, tandis que l'action radiographique du rayonnement X diminue.

On arrive toujours à de bons contrastes si l'on adopte la posologie suivante : $0^{M}03$ à $0^{M}04$ par centimètre d'épaisseur de région traversée avec les écrans Gehler ou ceux de Kalbaum; comme on emploie 1^{M} à $1^{M}1/3$ par centimètre suivant la région quand on ne se sert pas d'écran.

Section III. — Partie clinique. Radiodiagnostic

A) Travaux relatifs à la cinétique des côtes, du diaphragme et du cœur, signalés dans l'étude de la mécanique animale (p. 38).

B) Travaux relatifs aux mensurations d'organes. Mensuration orthogonale de l'aorte, des diamètres du cœur et du thorax, etc., au moyen du procédé orthodiagraphique signalé plus haut (p. 73).

D'autre part, j'ai fait par le procédé orthodiagraphique des schémas ou orthodiagrammes du thorax servant de fiches cliniques (*C. R. Acad. Sc.*, 24 juin 1902. *A. F. A. S.*, 1903).

Pour la mensuration des diamètres horizontaux du cœur et la projection orthogonale de l'organe sans graphique, j'avais construit à l'hôpital de la Charité un appareil à coulisseaux dont j'ai donné la description dans les *Archives d'Electricité médicale*, 15 décembre 1902.

C) Résultats cliniques des mesures orthodiagraphiques du cœur. — Le 20 mars 1905, j'ai communiqué à l'Académie des Sciences les résultats des mesures orthogonales faites de la surface du cœur chez les tuberculeux guéris. Ces mesures faites avec la collaboration du Dr Chiron ont fait le sujet de sa thèse inaugurale. Tandis que le cœur est petit chez les prétuberculeux, il est voisin de la moyenne normale ou lui est légèrement supérieur chez les tuberculeux guéris.

Nous avons discuté la valeur des chiffres obtenus en rapportant la surface du cœur suivant la méthode de Bouchard à la taille, au poids du corps, à la surface orthogonale du thorax et au poids approximatif de l'albumine fixe calculé à l'aide des coefficients indiqués par lui.

Les moyennes données par les sujets sains et par les tuberculeux guéris que nous avons choisis dans les mêmes conditions d'âge et de profession, nous ont donné pour ce dernier rapport un écart de 8.86 (extuberculeux) à 8.24 (sujets normaux).

D) Résultats cliniques des mesures orthodiagraphiques des côtes et du diaphragme.

D'une série de mensurations faites par le procédé orthodiagraphique avec le Dr Vannier, sont ressorties les conclusions suivantes (*Congrès tuberculose*, Paris 1905. Th. de Vannier, 1905).

Chez l'homme sain, le dôme diaphragmatique remonte jusqu'au niveau de la 6e côte dans l'expiration, il s'abaisse jusqu'au niveau de la 8e ou de la 9e dans l'inspiration.

Il remonte plus haut à droite qu'à gauche.

L'amplitude de ses mouvements normaux moyens dépasse 1 cm. 1/2. Elle est modifiée unilatéralement dans certaines affections unilatérales du poumon et de la plèvre.

L'inclinaison des côtes et le mouvement des côtes varient aussi dans les états pathologiques.

Leur étude jointe à celle du diaphragme constitue un des éléments importants du diagnostic précoce de la tuberculose.

E) Travaux relatifs à l'emploi des rayons X pour l'étude de l'évolution des ankylòses (V. chap. sur la *Radiologie de guerre*, p. 95).

F) Travaux relatifs à la localisation et à l'extraction des projectiles. (V. chap. sur la *Radiologie de guerre*, p. 94).

Section IV. — Partie biologique expérimentale

C. R. Acad. Sc., octobre, novembre 1907, juin 1908, mars 1909, juin 1913. *Acad. de méd.*, mai et octobre 1919. *Soc. Biol.*, 1908, 1910, 1919. *Soc. Radiol.*, 1908, 1909, 1910, 1913. *A. F. A. S.*, 1907, 1908, 1909. *Congrès int. Electr.*, Amsterdam 1908. *Congrès physiot.*, Paris 1910. *Arch. Elect. méd.*, 1907, 1908, 1909, 1911. *Journ. de Physiol. et Pathol. général.*, janvier 1908. *Journ. de Radiol. Belge*, décembre 1910. *Journ. de Radiol. et d'Electrol.*

Le point de départ de ces travaux réside :

1° Dans la mesure fluorométrique de l'intensité du rayonnement X et des rayons du radium (v. page 64).

2° Dans la définition d'une unité rattachée au système C. G. S., l'unité médicale d'intensité, unité $\mathcal{M}$, et l'unité de quantité M, équivalente à 1/125 de l'unité H de Holzknecht (v. p. 66).

3° Dans la notion de la dose absorbée par les éléments cellulaires ou si l'on veut de la dose incidente multipliée par la pente d'absorption moyenne du faisceau considéré (moyenne des $\frac{\log K}{\log e}$ propres aux monochromatiques composantes).

Ces travaux comportent plusieurs stades.

Au début, j'ai fait seulement des expériences comparatives avec une posologie grossière.

Ensuite, j'ai comparé les effets des rayons X de diverses qualités et les rayons du radium en rapportant les effets observés aux doses réellement absorbées.

Enfin, j'ai appliqué les résultats de ces recherches aux tissus organiques de l'homme.

Ces trois stades feront l'objet de chacun des trois paragraphes suivants :

§ 1er. — **Expériences comparatives sur les actions biologiques des diverses radiations**

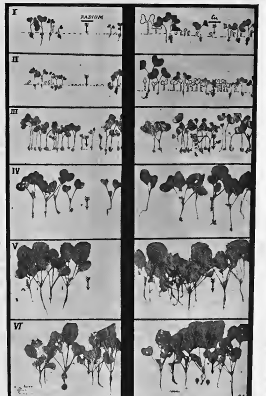


Fig. 29. — Action abiotique ou retardante des rayons du radium sur la germination des graines de radis.

En 1898, j'ai fait une première série d'expériences dont j'ai donné les résultats en 1907 (*Congrès de Reims*) sur les effets de l'irradiation au moment où des graines de radis, navets, volubilis, haricots, venant d'être semées, commencent le travail de germination. Je me proposais de comparer les effets des rayons hertziens et des rayons X.

De ces expériences dont j'ai montré les documents photographiques, il semblait résulter une certaine action excitante des doses

d'irradiation relativement faibles, mais non mesurées, que j'avais données. D'autre part, j'avais montré que les rayons X dans les conditions où je m'étais placé, n'avaient aucun effet sur la fonction chlorophyllienne.

Mes premières conclusions étaient :

1° Que les rayons X ne suppléent pas au manque d'irradiation solaire, conclusion que j'ai vérifiée depuis par des expériences sur les bourgeons printaniers de lilas.

2° Que peut-être, à faible dose, ils activeraient les premiers stades de croissance.

En 1906, j'ai fait une seconde série d'expériences ayant pour objet de rechercher si les rayons du radium avaient une action activante ou retardante sur la germination des graines de radis (fig. 29).

Fig. 30. — Action des rayons du radium sur la graine de rave en état de vie latente.

De cette série, il résulte que l'action nocive, surtout effective durant les premières phases de la germination, est de moins en moins marquée à mesure qu'on s'éloigne de la dose abiotique, et que,

à la limite, il ne semble pas y avoir nettement d'action excitante.

La même année, j'ai étudié l'action des rayons du radium sur la graine de rave en état de vie latente. L'action nocive était manifeste après une exposition de 7 jours au contact d'un sel d'activité 500.000 et du poids de 2 cg. étalé sur un disque de 1cm²75 (12.600 M incidents β et γ, fig. 30).

En 1907, j'ai repris sur une plus grande échelle ces expériences en comparant le rayonnement du radium et le rayonnement X. Des graines de potiron ont été irradiées avant semailles par des rayons X mous, des rayons X durs et des rayons β et γ du radium. Ces graines ont été réparties en 23 séries de doses croissantes, plus les témoins.

Ces expériences m'ont montré qu'aux doses employées les rayons X n'avaient pas d'action, tandis que les rayons du radium avaient une action abiotique certaine.

Cette différence d'action m'a poussé à chercher si l'on ne pourrait pas tirer, de la comparaison des doses d'énergie radiante donnant les mêmes effets, des conclusions permettant d'affirmer ou de nier la spécificité d'action des radiations comparées.

De là le deuxième groupe d'expériences que je vais rapporter.

J'ai semé 36 séries de 20 graines chacune de giroflées de Mahon. Ces séries étaient ainsi réparties : 16 séries ont reçu avant semailles respectivement 10 M, 50 M, 100 M, 250 M, 500 M, 750 M, 1.000 M, 1.500 M, 2.000 M, 3.000 M, 4.000 M, 5.000 M, 7.500 M, 10.000 M, 15.000 M, 20.000 M, de rayons X n° 5-6.

Les 16 autres séries ont reçu les mêmes doses des rayons du radium (ce rayonnement complexe étant mesuré en bloc, je le répète, par l'unité commune tirée de la fluorescence produite sur le platino-cyanure).

Les 4 dernières étaient des témoins : deux dans les conditions moyennes des séries irradiées, la troisième avec exagération des conditions de sécheresse possible (augmentation des pierres et sables de fond, terre moins finement tamisée), la quatrième avec exagération des conditions d'humidité (mauvais drainage, terre très tamisée), afin d'avoir deux témoins moyens et deux extrêmes.

J'ai suivi et photographié ou dessiné chaque jour ces cultures du 20 août au 10 septembre. La fig. 31 montre schématiquement l'état des cultures du 6e au 14e jour. Les reproductions photographiques se trouvent aux divers comptes rendus que j'ai faits de ces expériences. Le 10 septembre, j'ai repiqué quatre échantillons de chaque série : deux des plus forts et deux moyens, et séché le reste.

De ces expériences, il résulte :

1° Que l'action vraiment caractéristique est un retard de croissance lorsque les doses sont assez fortes ;

2° Que la dose nettement retardante paraît être 3.000 M radium et 15.000 M rayons X ;

3° Que la dose fatale est voisine de 10.000 M radium, tandis que 20.000 M de rayons X permettent encore à la plupart des plantes de parcourir les premiers stades de leur croissance et à quelques-unes d'arriver péniblement à l'état adulte ;

Fig. 1. — Vue des 36 cultures depuis la germination jusqu'au 3 septembre. A gauche, graines irradiées avant semailles par le radium et ayant absorbé des doses variant de 10 M à 20,000 M, doses indiquées au dessus de chaque culture. A droite, les témoins. Au milieu, les graines irradiées par les rayons X. En dessous de la dose, le numéro d'ordre.

4° Que l'action accélérante paraît bien peu probable et, si elle existe, se produirait aux environs de 250 M à 500 M radium et de 5.000 M à 7.500 M rayons X *(C. R.*, novembre 1907).

Ces quatre observations ont été le point de départ de mes recherches ultérieures. En effet, les différences d'action du radium et des rayons X pouvaient tenir à plusieurs causes : ou bien à une spécificité d'action de chaque espèce de radiation, spécificité assez présumable quand on compare des radiations d'émission, telles que les rayons β, à des radiations vraies,

telles que les rayons X, ou bien aux durées très différentes des irradiations nécessaires pour arriver aux doses égales, ou bien à des différences dans le régime d'absorption. De là les recherches consécutives.

§ 2. — Expériences tendant à établir une relation entre les effets biochimiques produits et les doses absorbées

I. — Variations d'effets suivant la durée d'application des mêmes doses, réparation cellulaire, addition des doses éloignées. — Le 30 mai 1908, j'ai communiqué à la Société de Biologie les résultats d'expériences sur l'action comparée des doses massives et des doses fractionnées sur la cellule des graines à l'état de vie latente. J'ai soumis sept séries de graines de courge à des doses de rayons X n° 5-6, croissantes de 550 M à 25.000 M, données en applications massives avant semailles, et sept autres séries aux mêmes doses correspondantes mais fractionnées durant un temps de 4 à 5 mois. Le retard de croissance sensible pour 10.000 M, très apparent pour 15.000 et 20.000 et considérable pour 25.000 M, est à peu près le même dans les deux groupes de graines. Autrement dit, quand la graine est en état de vie latente, là où les phénomènes réactionnels sont forcément réduits au minimum, il ne paraît y avoir aucune différence d'effet suivant qu'on donne en une seule séance ou en des séances très espacées les mêmes doses de rayonnement.

D'autre part, j'ai montré le 19 février 1910 à la Société de Biologie que l'action des rayons X et des rayons du radium sur la graine à l'état de vie latente persiste à peu près indéfiniment. Quand on conserve des graines plusieurs années, les unes irradiées au début par des doses croissantes, les autres non irradiées servant de témoins, on constate deux actions nocives différentes : la première est le vieillissement, action nocive du temps, qui abaisse le pourcentage de la germination d'une fraction moyenne déterminée ; la deuxième est l'action nocive du rayonnement, croissante avec les doses données plusieurs années auparavant, et renforcée par le vieillissement, qui ajoute son pourcentage nocif à l'effet nocif du rayonnement.

De là, il est permis d'induire que quand il existe des différences entre les effets des irradiations massives et ceux des irradiations fractionnées ou légères réparties sur une longue durée, ces différences sont dues surtout à la réaction cellulaire. Si l'on supprime cette réaction en choisissant par exemple l'état de vie latente, les effets sont les mêmes.

II. Recherches d'une relation entre les doses fixées et l'efficacité bio-

chimique. — Dès lors pour comparer les radiations X de diverses qualités, les rayons γ, et même les rayons β du radium, la graine en état de vie latente devenait un réactif excellent et le problème biologique demandait simplement la résolution préalable d'un double problème physique:

1° Déterminer dans chaque expérience la dose de rayonnement tombant réellement sur la cellule embryonnaire après la traversée de la coque et des cellules protectrices ;

2° Déterminer la pente d'absorption ou le coefficient d'absorbabilité de la radiation considérée telle qu'elle arrive à la cellule embryonnaire, cette absorbabilité étant rapportée au tissu albuminoïdique vivant, abstraction faite des matériaux d'encombrement.

Je crois que c'est là un des points les plus importants de mes recherches. Il est en effet présumable que, quand les radiations agissent sur l'évolution de la vie cellulaire, elles agissent par la fraction d'énergie radiante fixée par l'albumine vivante, la partie vraiment active de sa substance. Il nous est difficile d'aller plus loin dans l'analyse et de rapporter l'action physicochimique produite à un élément atomique particulier de la molécule albuminoïdique.

Cette considération m'a entraîné à deux ordres de recherches :

1° Déterminer la courbe de transmission des diverses radiations employées à travers les coques et cotylédons des graines étudiées.

2° Préciser le coefficient d'absorbabilité de la radiation émergeant de ces couches filtrantes à travers une substance homogène se rapprochant le plus possible par son radiochroïsme de l'albumine vivante.

J'ai pris provisoirement pour cela la gélatine hydratée.

Concurremment, afin d'étudier les actions des radiations nouvelles sur les cellules du corps humain, j'ai dressé les courbes de pénétration à travers les différents tissus, muscles, graisse, peau, foie, rein, os, etc... considérés comme filtres. (*C. R. Acad. Sc.*, 1908-1909-1910 ; *Soc. Radiol.*, *Arch. Élect. Méd.*, etc...) (la fig. 22 montre l'un des dispositifs employés pour dresser les courbes de transmission radiographiques. V. aussi p. 64), et là, comme partout, j'ai adopté comme taux d'efficacité la pente d'absorption ou coefficient d'absorbabilité à travers la gélatine hydratée.

De l'ensemble de ces travaux et plus spécialement des travaux relatifs à l'action des radiations X, β et γ sur la graine à l'état de vie latente, il résulte que, quelle que soit la qualité du rayonnement X, quel que soit le rayonnement choisi parmi les rayons X, les rayons γ et même les rayons β du radium, les actions produites sont grossièrement les mêmes

quand on les rapporte à des mêmes doses fixées, c'est-à-dire au produit de l'intensité du rayonnement I_l tombant sur la cellule étudiée après avoir franchi les couches interposées l par le coefficient d'absorbabilité propre à la gélatine hydratée $\frac{\log K}{\log e}$ moyen.

Cette loi générale a une portée pratique énorme puisqu'elle a pour conséquence immédiate l'analogie d'actions des rayons X et des rayons du radium. Les seules différences observées en clinique ne sauraient être attribuées qu'à des différences de répartition des doses entre les différentes couches de cellules radio-sensibles traversées, mais non à une spécificité d'action des radiations.

Je sais qu'elle n'est pas admise par tous les radio-biologistes, mais jusqu'ici je n'ai pas trouvé une seule expérience, parmi celles qui lui ont été opposées, qui la démente à l'analyse.

§ 3. — Applications de ces résultats aux tissus organiques de l'homme.

Lorsqu'on soumet un tissu de l'organisme, un organe profond au rayonnement X, la couche cellulaire la plus exposée par sa radiosensibilité et par sa position superficielle est la couche de Malpighi.

Je me suis proposé de déterminer avant tout la dose nocive pour cette couche.

1. — Dose limite pour les cellules de la couche de Malpighi. — En partant de la formule qui donne la dose efficace E rapportée au millimètre de tissu albuminoïdique type, qui correspond au 1/10 de millimètre d'aluminium, on a pour un rayonnement monochromatique

$$E = \frac{1}{10} I_l \frac{\log K}{\log e}$$

I_l étant l'intensité transmise à la couche de Malpighi et K étant le coefficient de transmission à travers 1 cm. de tissu albuminoïdique type.

Pour un faisceau complexe, on obtient la dose efficace en analysant le faisceau par les procédés que j'ai indiqués (p. 65) et en résolvant le coefficient d'efficacité ε par la formule

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{n}\left(\frac{\log K_1}{\log e} + \frac{\log K_2}{\log e} + \frac{\log K_3}{\log e} \dots + \frac{\log K_n}{\log e}\right)$$

K_1, K_2, K_3, ...K_n, étant les coefficients respectifs d'absorbabilité des faisceaux composants.

Expérimentalement, j'ai déterminé le seuil de la radiodermite pour les rayons de diverses pénétrations tels qu'ils sortent du tube à vide avec divers appareillages et pour les rayons filtrés. Le résultat a été le suivant :

Quel que soit le rayonnement employé, une dose efficace de 25 Ml (c. a. d. 25 M absorbés par une couche millimétrique de gélatine hydratée placée à la profondeur de la couche de Malpighi), est compatible avec l'intégrité des téguments.

Une dose efficace de 35 Ml donne le seuil de l'érythème.

II. — Régime d'efficacité des diverses radiations pour 25 Ml et pour 35 Ml à la couche de Malpighi. Il ne fallait pas songer à imposer la résolution d'un calcul compliqué au praticien chaque fois qu'il prétend appliquer à l'organisme humain les rayons X dans un but thérapeutique.

Aussi, ayant constaté que les rayons X d'une qualité moyenne donnée varient relativement peu de composition suivant qu'ils sont produits par tel ou tel appareillage et qu'ils ne varient réellement de façon importante pour la pratique que quand ils sont filtrés par des filtres plus ou moins épais, j'ai dressé un barême exprimant par des moyennes, assez proches de la réalité dans tous les cas, les doses incidentes correspondant à 25 Ml et à 35 Ml à la couche de Malpighi pour les diverses espèces de rayonnement.

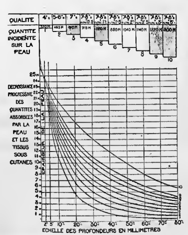


Fig. 32. — Efficacité en profondeur des divers faisceaux pour 25 Ml à la couche de Malpighi.

Voici quelques lignes extraites de ce tableau où D. E. indique les doses de l'érythème (35 Ml), D. max. les doses maxima assurant l'intégrité

de la peau (25 Ml) et D. O. les doses habituellement employées (en radiothérapie profonde).

QUALITÉ	D. O.	D. Max.	D. E.
I. — Traitements superficiels			
n° 3 (K moy. = 0,350). . . .	285M	285M	400M
n° 5 (K moy. = 0,525). . . .	425M	425M	600M
n° 7 (K moy. = 0,640). . . .	575M	575M	800M
etc...			
II. — Traitements mi-superficiels			
n° 5 filtre $Al = 0^{mm}2$ K moy. = 0,545.	450M	450M	625M
n° 5 filtre $Al = 0^{mm}5$ K moy. = 0,570.	475M	475M	665M
III. — Traitements profonds			
n° 8 filtre $Al = 1^{mm}$ K moy. = 0,739.	600 à 700M	820M	1150M
n° 8 filtre $Al = 3^{mm}$ K moy. = 0,821.	850 à 1100M	1250M	1760M
n° 8 filtre $Al = 10^{mm}$ K moy. = 0,885.	1300 à 1600M	2050M	2885M
etc.			

J'ai aussi dressé approximativement pour chacun de ces rayonnements l'efficacité à des profondeurs variées en supposant le corps composé d'un tissu homogène d'opacité moyenne entre le muscle, la graisse et les différents tissus mous (fig. 32).

Section V. — Partie Radiothérapique. — Dangers des rayons X. — Mesures

§ 1er. — Sur la Radiothérapie

En 1904 (*A. F. A. S.*, août 1904) j'ai rapporté l'observation d'un cancer ulcéré du sein traité par les rayons X et j'ai à cette occasion fait quelques observations relatives au traitement radiothérapique des tumeurs :

utilité d'employer les rayons peu pénétrants pour les ulcérations superficielles et les rayons très pénétrants quand on doit ménager la peau saine; efficacité remarquable dans les cancroïdes ; efficacité relative dans les métastases et noyaux cutanés disséminés formant cuirasse.

En 1905, j'ai précisé quelques points de la technique radiothérapique dans les tumeurs cancéreuses (*Congrès de Röntgen de Berlin*, 1905 et *Arch. Elect. Méd.* mai-juin 1905).

J'ai fait voir en particulier les avantages de la protection à deux degrés pour les petites lésions c'est-à-dire localisation grossière avec les localiseurs de support d'ampoule et localisation précise avec des feuilles de plomb fixées sur la peau et percées d'un orifice taillé sur place, ou avec des localiseurs spéciaux pour les tumeurs des cavités. J'ai discuté la question de savoir si les doses fractionnées étaient préférables aux doses massives ; à ce moment où l'on n'avait pas de procédé quantitométrique, il m'a paru plus prudent de recourir aux doses fractionnées. Et déjà à ce moment j'ai donné quelques résultats de l'emploi du dosage fluoroscopique.

Au cours des années suivantes, je me suis efforcé de démontrer que n'importe quel procédé de dosage des rayons peut permettre, aussi bien que les procédés chimiques, d'effectuer la dosimétrie radiothérapique, à la condition de considérer non pas les doses incidentes, mais les doses absorbées par le tissu irradié.

Il suffit à cet effet d'établir par un travail préalable un barême rapportant aux nombres donnés par le système de mesure adopté les effets physiologiques correspondants (*Arch. Elect. Med.*, 1908-1909 ssq. ; *Congrès A. F. A. S.*, 1908-1909 ; *Société de Radiologie*, 1909 ssq. ; *Congrès de Physiothérapie*, Paris, 1910, etc.).

Au cours des discussions relatives à l'action comparée de la radiumthérapie et de la radiothérapie, j'ai toujours soutenu cette idée que dans la limite de précision donnée par nos procédés quantitométriques les effets thérapeutiques obtenus sont fonctions directes des doses absorbées quelles que soient la qualité et la nature des radiations employées pour une espèce cellulaire donnée, la radiosensibilité variant d'ailleurs d'une espèce cellulaire à l'autre.

Je me suis occupé spécialement de l'emploi de la radiothérapie dans les fibromes utérins. J'ai donné les résultats de la technique que j'ai employée à différents Congrès (*A. F. A. S.*, 1910 ; *Congrès de Physiothérapie*, 1911).

J'ai donné d'autre part à la Réunion Radiologique du G. M. P. du 2 février 1918 les résultats de mes expériences personnelles sur l'emploi de la radiothérapie dans les sequelles immédiates des blessures de guerre (V. p. 95).

Dans l'instrumentation radiothérapique j'ai fait exécuter pour la radiothérapie profonde, un tube à Rayons X à électrodes recourbées en vue d'éloigner du corps les fils de haute tension (*Soc. Radiol.*, décembre 1912) (fig. 33).

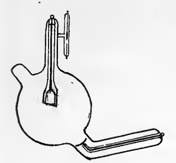


Fig. 33. — Tube spécial pour la radiothérapie.

§ 2. — Sur les radiodermites et les moyens de protection

En 1904, j'ai communiqué l'observation d'un cas de radiodermite simultanée chez l'opérateur et chez l'opérée à la suite de l'extraction d'un fragment d'aiguille sous l'écran (*A. F. A. S*, 1904). A l'occasion de cette observation, j'ai signalé une pousse plus active des poils à la limite de la zone atteinte, ce qui mettait en question le problème des doses faibles excitantes non encore résolu aujourd'hui.

Comme moyen préventif, contre les radiodermites, j'ai proposé:

1° L'emploi des rayonnements limités à la dose absorbée de 25 Ml par séance et de 75 Ml par mois à la couche de Malpighi;

2° L'emploi de moyens de protection sérieux. J'ai surtout eu l'occasion de préciser les conditions minima de protection pendant la guerre, pour définir les qualités exigées des tissus et substances anti X employées dans les Services de l'Armée. J'ai proposé à cet effet une méthode d'investigation radiographique permettant de déterminer un minimum d'action protectrice pour les gants, tabliers, verres au plomb, cupules, etc... (*Rapport sur l'opacité des tissus protecteurs contre les Rayons X; Commission de Radiologie*, 18 septembre 1918).

J'ai d'autre part attiré l'attention sur les rayons secondaires diffusés en tous sens dans un laboratoire par tous les objets frappés par le rayonnement direct et par les murs, le parquet, etc... J'ai fait voir que ce rayonnement auquel se trouve soumise non pas une partie du corps, mais toute

la surface du corps est l'un des plus dangereux par la durée et l'étendue de son action. Il est spécialement à craindre quand on se sert du tube Coolidge enfermé dans les demi-cupules habituelles, ce tube émettant en arrière de l'anticathode un rayonnement dont l'intensité est voisine du 1/3 de celle du rayonnement direct (*Soc. de Biologie*, 11 janvier 1919).

§ 3. — Pour la quautitométrie pratique. — M-fluoromètre. — Totaliseur

L'emploi constant que j'ai fait, en biologie expérimentale, de la quantitométrie fluoroscopique m'a poussé à mettre au point un fluoromètre pratique utilisable en radiothérapie et en radiographie médicales.

Le premier appareil construit n'était en somme que l'analyseur (p. 65) simplifié : au fond d'une lunette monoculaire, un petit écran de platino-cyanure de Baryum avec volet de plomb ; dans ce volet, un trou pour le passage des rayons X, un autre pour l'étalon de radium ; sur le côté, un ruban métrique à ressort dont l'extrémité se fixe au tube.

On vise le tube. On s'éloigne jusqu'à équivalence d'éclat des plages. On lit la distance. Une règle à calcul donne l'intensité en unités M par minute à la distance à laquelle on opère.

Depuis, j'ai substitué à l'étalon radium-platino-cyanure un étalon fait d'une feuille radio-luminescente dont la constance est suffisante pendant une année (feuilles de l'ing[r] Muguet). Cette feuille encadre le petit écran de platino-cyanure. Le comparateur est changé tous les ans.

Aujourd'hui, un certain nombre de praticiens ont adopté ce système de mesures.

J'y ai adjoint un compteur-totaliseur qui, par le jeu de deux systèmes de résistances réglant un courant accessoire, donne à simple lecture le nombre d'unités M débitées sur la peau, en fonction de l'équivalence donnée par le ruban métrique et de la distance du sujet.

CHAPITRE VI

TRAVAUX RELATIFS A L'ÉNERGÉTIQUE GÉNÉRALE ET A LA BIOLOGIE GÉNÉRALE

Je n'insisterai pas sur ces travaux qui sont d'ordre théorique plus que d'ordre expérimental. L'étude des deux grandes lois de l'énergétique, la loi de la conservation de l'énergie et la loi de la dégradation de l'énergie, appliquées surtout à l'évolution des phénomènes de la vie, a fait l'objet de différents articles et ouvrages de vulgarisation (*Presse Médicale*, juin et août 1913 ; *Les Nouveaux Horizons de la Science* ; *La Matière et la Vie*).

Dans ces ouvrages j'ai tâché de donner une interprétation accessible aux physiciens biologistes de la notion de l'entropie et de montrer comment il fallait entendre la proposition énonçant que l'accroissement entropique qui accompagne les phénomènes d'évolution est la mesure de la tendance qu'ont ces phénomènes à se produire dans la nature.

Dans l'analyse sommaire que j'ai donnée ci-dessus (page 36) de l'ouvrage *La Matière et la Vie*, j'ai dit que j'avais mis en relief cette idée que ni la loi de Carnot, ni les formules de probabilités ne pouvaient rendre compte de la direction imposée aux phénomènes de la vie. De ces considérations j'ai tâché de dégager une autre loi, la loi d'option, liée à une propriété spéciale de la matière vivante : l'irritabilité.

Je me suis attaché à démontrer que la loi d'option renferme en elle l'explication des directives qui se manifestent dans tous les phénomènes de la vie, aussi bien dans la vie de relation que dans les phénomènes de nutrition. Les actes spontanés ou instinctifs et même les actes volontaires de l'animalité supérieure ressortissent à cette loi.

CHAPITRE VII

TRAVAUX RELATIFS A LA PHYSIOTHÉRAPIE ET A LA RADIOLOGIE DE GUERRE

Section Ire. — Radiologie de Guerre

§ Ier. — Sur la tolérance des projectiles par l'organisme et sur la nécessité des examens radiologiques dans les suites immédiates et dans les sequelles des blessures de guerre.

Ce travail, fait en partie avec la collaboration du Dr Dogny, a eu pour objet :

1° De montrer que des projectiles parfois volumineux sont tolérés dans certaines régions sans causer de troubles fonctionnels immédiats. Un cas typique à cet égard est celui d'une fusée allemande contenue entièrement dans le massif facial sans causer d'autres troubles qu'un peu de gêne dans les fosses nasales (Coll. avec le Dr Cantonnet).

Le cerveau, le poumon, le médiastin, etc.. tolèrent parfois longtemps des projectiles sans signe clinique manifeste.

2° Il a eu pour but en second lieu de faire voir aux médecins chargés de soigner les blessés évacués sur l'arrière qu'il est indispensable dans presque tous les cas et même dans les sétons par balle, de procéder à un examen radiologique (*Journal de Radiol.*, 1918). Ces notions ont été développées et répandues dans la mesure du possible au cours de conférences organisées pour mettre les médecins des hôpitaux complémentaires de la 8e Région au courant du fonctionnement des centres de spécialités et pour leur donner la conduite à tenir en présence de chaque

cas spécial (enraidissements articulaires, fistules persistantes, etc.,). Ces conférences approuvées par le S. S. M. ont été généralisées à toutes les régions du territoire (1915-1916).

§ 2. — **Sur la localisation des projectiles par la radioscopie**

Ayant fait transporter au centre physiothérapique et radiologique de la 8e Région plusieurs appareils radiologiques du Laboratoire des Travaux Pratiques de Physique de la Faculté de Médecine de Paris, j'ai, pour la localisation rapide des projectiles, fait adjoindre à mon support orthodiagraphique (v. p. 72) une croisée de fils placée à une distance fixe du point d'impact et servant en même temps de point d'appui postérieur au blessé regardé sur l'écran par sa face opposée. Un décalage déterminé de l'ampoule permettait par une triangulation simple de trouver la profondeur par rapport à trois repères marqués sur la peau ou l'écran.

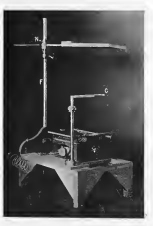


Fig. 34. — Localisation des projectiles.

C, croisée de fils. — N, noix et bague d'appui pour support d'écran. — F, tige pour le support d'écran. — T, tube à rayons X avec au dessus de lui un diaphragme en fente.

J'ai modifié ce dispositif pour les examens en position couchée et amélioré la méthode par l'emploi d'un diaphragme en fente rendant la visibilité du projectile plus parfaite au cours du décalage (*Soc. Médico-chirurgicale du Cher*, 1915-1916 ; *Journal de Radiol.*) (Fig. 34).

Quand on emploie ce dernier procédé, la profondeur se mesure par la distance entre 2 points marqués sur l'écran *après décalage* : le point de projection du projectile et le point de projection du repère normal. Ce repère normal est une petite croix de plomb placée sur la face d'émergence du corps au point de sortie du rayon normal passant par le projectile avant décalage. Pour éviter d'avoir à mesurer ces points au millimètre et transformer ensuite ces millimètres de décalage en millimètres de profondeur

au moyen de graphiques ou de barêmes, j'ai imaginé une échelle stéréométrique que l'on place sur l'écran ou au fond de la bonnette radioscopique et qui présente ceci de particulier que ses divisions sont rendues lumineuses dans l'obscurité à l'aide d'un sel radio-luminescent. Ce stéréomètre a été présenté en septembre 1918 à la Commission des inventions et a été porté à la nomenclature par la Commission de Radiologie (*Réunion Radiologique du G. M. P.*, 7 septembre 1918).

§ 3. — Etude radiologique des enraidissements articulaires

J'ai spécialement appelé l'attention sur l'intérêt qu'il y a à soumettre toute articulation enraidie à un examen radiologique (*Soc. Méd. Chir. du Cher*, 9 novembre 1916 et *Conférences des Chefs de Centres de spécialités*, rappelées ci-dessus).

L'examen radiologique seul peut indiquer s'il y a évolution vers l'ankylose osseuse. Le processus d'évolution paraît double : ou bien il y a opacification progressive des cartilages diarthrodiaux sans diminution de leur épaisseur ou bien il y a diminution progressive de l'interligne articulaire par résorption de ces cartilages.

Dans beaucoup de cas, on peut, par un traitement physicothérapique approprié, arrêter la marche vers l'ankylose.

§ 4. — Travaux sur la radiothérapie et la dosimétrie radiothérapique dans les centres militaires.

C'est en appliquant la radiothérapie au traitement de certaines affections post-traumatiques (cicatrices, enclavements nerveux, etc.) et ensuite au cancer chez les militaires, que j'ai perfectionné le procédé quantitométrique indiqué page 66 et que j'ai été amené, pour rendre ce procédé tout à fait pratique, à remplacer l'étalon de luminescence radium-platino-cyanure par les feuilles radio-luminescentes Muguet.

A la Réunion Radiologique du G. M. P. du 2 février 1918, j'ai essayé de préciser les cas dans lesquels la radiothérapie pouvait être employée dans les sequelles de blessures ou maladies de guerre. Ce sont, d'une part, les adénopathies tuberculeuses, les tuberculoses osseuses, cutanées, la leucémie, le goître exophtalmique, etc., qui ont pu être sinon engendrés du moins aggravés par les fatigues de la guerre et pour le traitement desquels l'état de guerre ne nous a rien appris. Ce sont, d'autre part, des

affections liées nettement aux blessures ou accidents de guerre (dermatoses traumatiques, plaies torpides, cicatrices adhérentes, cheloïdiennes, lésions nerveuses par compression cicatricielle, névralgies traumatiques, etc.).

L'action des rayons X paraît certaine dans les dermatoses traumatiques et peut être heureusement complétée par celle de l'effluvation de H. F.

Elle paraît certaine aussi dans les plaies torpides, surtout si on la combine avec la H. F. et la thermothérapie.

Les cicatrices cheloïdiennes, les cicatrices adhérentes semblent, dans certains cas, pouvoir bénéficier de la radiothérapie, mais j'ai vu de nombreux échecs.

Les douleurs névralgiques, suite de traumatismes, les douleurs dues à des compressions nerveuses, les névrites sensitives dues à une hyperplasie traumatique, les causalgies, m'ont paru dans beaucoup de cas nettement améliorées.

Le traitement est moins efficace dans les névrites motrices par compression où pour mon compte j'ai compté beaucoup d'insuccès et peu d'améliorations.

§ 5. — Sur les caractéristiques des tubes à Rayons X et leur réception par le S. S. M.

Les difficultés rencontrées par les Commissions de réception pour juger de la valeur des appareils livrés par les constructeurs m'ont poussé à déterminer en ce qui touche la réception des tubes à Rayons X les qualités minima auxquelles ces tubes devaient satisfaire.

Trois épreuves sont nécessaires pour caractériser un tube lors de sa réception : la mesure de l'acuité, la mesure du rendement, l'appréciation du degré de formation et de l'endurance.

L'acuité se détermine sans manipulation délicate au moyen de l'échelle radioscopique ou radiographique dont j'ai donné la description page 71. J'ai proposé de désigner l'acuité en dixièmes en partant de l'acuité maxima qui est celle où les dix barreaux de l'échelle sont visibles et où elle est cotée 10/10. Les tubes Coolidge délivrés par le S. S. M. en 1918 avaient une acuité de 4/10 à 5/10.

Le rendement se détermine par la mesure fluorométrique de l'équivalence du tube fonctionnant à un degré radiochromométrique donné et avec une intensité donnée.

Le degré de formation et l'endurance sont appréciés simplement en faisant fonctionner chaque tube pendant un temps déterminé au régime maximum indiqué par le constructeur ou suivant des conditions inscrites au cahier des charges.

Classement de tubes spéciaux. — Certains tubes peuvent ainsi être sélectionnés.

D'une part les tubes à acuité très élevée qui peuvent être rangés dans une catégorie spéciale réservée pour des centres importants où des radiographies de grande précision peuvent être nécessaires.

D'autre part les tubes à grande endurance sous un régime de haut voltage et de haut débit, mais à faible acuité, qui pourront être rangés dans la catégorie des tubes à radiothérapie. Pour ces derniers tubes un analyseur spécial (v. p. 66) permet de déterminer l'hétérogénéité du faisceau émis. Cette analyse est d'ailleurs beaucoup plus longue et plus délicate que les épreuves précédentes.

A la suite de cette communication, M. le Sous-Secrétaire d'État du S. S. M. a prescrit par D. M. 23.978 E 1/7 du 10/8/18 pour la réception des tubes radiogènes d'employer la méthode préconisée et j'avais commencé l'installation de ce laboratoire dans les locaux de la pharmacie centrale de l'armée lors de la signature de l'armistice.

Section II. — Physiothérapie de guerre

§ 1er. — **Sur certains cas de raideurs articulaires et de contractures et sur leur traitement** (*Soc. Médico-Chirurgicale du Cher*, **mars et novembre 1916**).

J'ai décrit dans ces communications trois groupes d'appareils destinés à lutter contre les enraidissements articulaires :

1° Les appareils à extension ou traction continue et forcée s'adressent aux cas de rétraction fibreuse sans contracture. Tous les modèles ont été construits sur place dans les ateliers du centre régional. Grâce à l'initiative et à la collaboration des chefs de sous centres de la 8e Région, des modèles très divers et très variés ont pu être comparés et par suite améliorés très rapidement. Un certain nombre ont été déposés aux Musées du Val-de-Grâce et de Lyon ;

2° Les appareils que j'ai proposé d'appeler appareils antagonistes conviennent aux cas de rétraction fibreuse légère ou de contracture musculaire. Ils ont pour effet de renforcer d'une façon permanente l'action

des muscles antagonistes tout en laissant pleine liberté aux mouvements et par conséquent en n'excitant pas la défense des muscles contracturés, comme le feraient les appareils à extension continue et forcée. Leur application peut d'ailleurs être aidée avantageusement par la faradisation des antagonistes qui, dans certains cas, provoque le relâchement des muscles contracturés (fig. 35 et 36).

Un modèle de chacun de ces appareils a été déposé au Musée du Val-de-Grâce et au Musée de Lyon (Voir aussi *Acad. Méd.*, 8 mai 1917 et *Soc. Méd. Chir. du Cher*, 1916).



Fig 35 et 36. — Deux types d'appareils antagonistes pour sequelles de blessures de guerre.

3° Les appareils de mobilisation passive ont d'abord été construits dans le but d'obvier à l'insuffisance des grands appareils classiques toujours trop rares dans les centres régionaux. Les résultats obtenus dans certains cas m'ont confirmé dans cette idée que l'on peut, sans le consentement du blessé et même malgré lui, provoquer la régénérescence des cartilages et des tissus articulaires par le mouvement passif suffisamment répété. C'est en effet une loi de mécanomorphose que le mouvement peut engendrer de toute pièce



Fig. 37. — Mobilisation par petits mouvements élémentaires à la limite de l'extension et de la flexion dans les centres militaires.

le cartilage hyalin, l'histologie des pseudarthroses en est la preuve.

Les premiers appareils que j'ai employés étaient simplement formés de petits moteurs électriques pourvus d'un réducteur de vitesse communiquant, par l'intermédiaire d'un flexible, des mouvements de va et vient à des éclisses fixées sur les principales articulations (fig. 37).



Fig. 38. — Appareil à 12 postes pour mobilisation en série de toutes les articulations dans les centres militaires (*Ac. Med.*, mai 1917).

La répétition de très petits mouvements angulaires provoqués à la limite de flexion et à la limite d'extension m'a paru surtout efficace, c'est ce qui m'a décidé à construire un arthromoteur à douze postes avec éclisses pour les principales articulations et tous commandés par un seul arbre tournant à la vitesse de un tour par seconde. Les mouvements de va et vient des éclisses commandées par des flexibles provoquent, grâce à un système de glissières, les mouvements de va et vient élémentaires, soit à la limite de la flexion, soit à la limite de l'extension (fig. 38 et 39). Grâce à ce dispositif une douzaine de blessés peuvent bénéficier du traitement pendant une ou deux heures par jour.



Fig. 39. — Un exemple d'éclisse pour la tibio-tarsienne.

Cet appareil, comme tous ceux que je viens d'énumérer, a d'ailleurs

été construit sur place, dans les ateliers du centre, par des mutilés en voie de rééducation professionnelle.

§ 2. — Sur la rééducation fonctionnelle et professionnelle dans le traitement des enraidissements articulaires.

L'emploi de la rééducation fonctionnelle et professionnelle a non seulement pour objet d'entraîner le système neuro-moteur à des habitudes nouvelles, à des suppléances, etc., mais aussi de satisfaire, lorsqu'il y a lieu de traiter des enraidissements articulaires, à la loi de mécano-morphose rappelée ci-dessus : Le mouvement est capable de régénérer les tissus articulaires et périarticulaires.

C'est surtout en vue de cet effet que le travail professionnel a été employé au Centre de Physiothérapie que je dirigeais.

Dès le début du fonctionnement des services physiothérapiques, je me suis efforcé d'associer le travail professionnel à la kinésithérapie et à l'électrothérapie. A l'occasion de la première conférence interalliée (Section de rééducation physique, mai 1917), j'ai développé cette idée que si le travail professionnel a une grande utilité dans la cure, il n'est pas tout et il doit dans la plupart des cas être associé à la physiothérapie.

J'ai montré que la cure agricole ne peut pas dans tous les cas suffire à elle seule au traitement des séquelles immédiates des blessures de guerre et des enraidissements articulaires en particulier (*Acad. de Méd.*, juin 1917). J'ai montré, avec statistiques à l'appui, qu'une petite fraction seulement (1/10 environ) des blessés des Centres de Physiothérapie est justiciable de la cure agricole seule, une autre fraction à peu près égale étant justiciable de la cure temporaire, les autres (8/10 environ) pouvant tout au plus travailler en demi-journées, avec traitement physiothérapique ou exercices analytiques sérieusement pratiqués le reste du temps. J'ai cité une série de cas où le travail agricole seul, loin d'améliorer les séquelles, pouvait les aggraver, tel l'exemple de la griffe cubitale que la conduite de la charrue ne fait qu'aggraver, tel l'index en extension forcée que le maniement de la fourche n'améliore pas, telle l'attitude vicieuse de flexion du genou, à angle très obtus, que la marche dans les champs sans surveillance peut fixer au lieu de corriger.

TABLE DES MATIÈRES

TITRES. CURRICULUM VITÆ

TRAVAUX

Première Partie. Exposé chronologique

Deuxième Partie. Exposé analytique des Travaux personnels

